

**XLIX Международная молодёжная  
научная конференция**

XLIX Gagarin Science Conference

**«Гагаринские чтения — 2023»**

Сборник тезисов докладов

Москва  
2023 г.

УДК 629.7.01  
ББК 39.5 и 39.6я43  
С23

С23 **Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLIX Гагаринские чтения 2023.** — М.: Издательство «Перо», 2023. — 7,71 Мб.  
[Электронное издание].

ISBN 978-5-00218-350-0

Международная молодёжная конференция «Гагаринские чтения» в 2023 году прошла в 49-й раз. Конференция является площадкой для обсуждения научных исследований молодых учёных в области инновационных высокотехнологичных технологий по аэрокосмическому направлению. Выступление в научных секциях конференции для многих участников является шагом к написанию кандидатской диссертации, возможностью рассказать о своих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, узнать о трендах и достижениях других организаций.

Конференция проходит по 9 направлениям:

- авиационные системы;
- авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки;
- системы управления, информатика и электроэнергетика;
- информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем;
- ракетные и космические системы;
- робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение;
- математические методы в аэрокосмической науке и технике;
- новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники;
- экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса.

Цели конференции:

- развитие навыков научно-исследовательской работы и приобретение опыта публичных выступлений с научными докладами студентами, аспирантами и молодыми учёными;
- обсуждение и решение текущих задач авиационной, ракетно-космической и оборонной отраслей, выявление новых научно-технических результатов в высокотехнологичных областях;
- вовлечение молодёжи в научно-исследовательскую работу;
- обсуждение приоритетных задач развития высокотехнологичных отраслей в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
- обсуждение перспективных направлений развития высокотехнологичных отраслей, в том числе с целью реализации приоритетов научно-технологического развития в соответствии с подпунктами «а», «б», «е» пункта 20 Стратегии научно-технологического развития России, утверждённую Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642;
- обмен опытом между профильными научными, производственными предприятиями, вузами авиакосмического комплекса России, ближнего и дальнего зарубежья с привлечением учёных, специалистов, научных сотрудников, аспирантов, студентов и различных представителей научного сообщества;
- определение новых «точек роста» и прорывных направлений развития авиации и космонавтики;
- профессиональная ориентация учащихся средних образовательных учреждений с целью привлечения их к инженерной деятельности и к поступлению в технические вузы страны.

Проведение конференции способствует развитию авиационной и ракетно-космической науки и промышленности на всей территории России и стран зарубежья, а также установлению международных отношений.

Тезисы участников конференции публикуются в сборнике, который постатейно размещается в электронной библиотеке и входит в Российский индекс научного цитирования.

Также в рамках конференции проведена междисциплинарная англоязычная секция для иностранных студентов, обучающихся в технических университетах России.

Заседания конференции проводятся как на основной площадке МАИ в г. Москве, так и в филиалах вуза «Стрела», «Взлёт» и «Восход» в городах Жуковский, Ахтубинск и Байконур (Республика Казахстан).

УДК 629.7.01  
ББК 39.5 и 39.6я43

ISBN 978-5-00218-350-0

© Авторы статей, 2023

Участникам и гостям XLIX Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения»

Дорогие друзья!

Поздравляю вас с участием в этом значимом научном мероприятии. Ваши исследовательские работы в программе нашей конференции свидетельствуют о Вашем интересе к науке и готовности к развитию своих исследовательских навыков.

Мы живём в эпоху, когда наука играет всё более важную роль в жизни общества. Поэтому я уверен, что ваше участие в конференции «Гагаринские чтения» станет важным шагом на пути к достижению Вами новых научных высот.

Я хочу пожелать Вам успеха в проведении исследований, интересных дискуссий и знакомств с коллегами из разных учебных заведений и городов. Надеюсь, что Ваше участие в нашей конференции принесёт вам не только новые знания, но и ценный опыт, который поможет Вам в будущем.

Желаю вам всего наилучшего и надеюсь, что вы продолжите свой научный путь и станете успешными учёными, которые будут делать важные открытия и достижения для блага человечества.

С уважением,  
и.о. проректора по научной работе



Ю.А. Равикович

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Направление №1 Авиационные системы .....	5
Направление №2 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки .....	94
Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика .....	200
Направление №4 Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем .....	377
Направление №5 Ракетные и космические системы .....	410
Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение.....	507
Направление №7 Математические методы в аэрокосмической науке и технике .....	528
Направление №8 Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники.....	569
Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса .....	678
Направление №11 International session (in English) .....	893
Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур) .....	905
Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск) .....	931
Алфавитный указатель.....	947

# Направление №1 Авиационные системы

## Секция №1.1 Аэродинамика, динамика и управление полётом ЛА

---

### Управляющие поверхности летательного аппарата схемы «летающее крыло»

Бойченко В.В.

Научный руководитель — Мансурова С.Р.

КНИТУ-КАИ, Казань

Особо остро стоит проблема управления в горизонтальной плоскости. Вследствие отсутствия вертикального оперения нужно искать другие методы решения данной задачи. В наши дни, использование схемы «летающее крыло» полноценно не изучено, и поэтому нам следует обратиться к уже существовавшим разработкам, чтобы на их примере увидеть решения проблемы управляемости.

Вследствие отсутствия вертикального оперения у летательного аппарата типа «летающее крыло», управление углом рыскания, крена и атаки осуществляется с помощью многочисленных элеронов и щитков. Каждый элемент из них может работать независимо относительно других. Элероны — аэродинамические органы управления летательного аппарата, симметрично расположенные на задней кромке консолей крыла, выполняющие роль руля крена и роль руля высоты. Небольшие углы отклонения элеронов должны приводить к заметному изменению угла крена. Поэтому элероны располагают на достаточно большом удалении от центра тяжести самолёта. Щитки расположены вдоль размаха крыла, и служат для увеличения угла крена, а также лобового сопротивления. В процессе работы элеронов совместно с щитками возникают горизонтальные и вертикальные силы. Из-за ухудшенной много осевой устойчивости, применяется активная система управления полётом с отслеживанием ориентации, основанная на теории нелинейной динамической инверсии. При управлении с использованием избыточной компоновки нескольких рулей и рулей сопротивления с большим отклонением, летающее крыло имеет более высокую вероятность отказов рулей. Поэтому его система управления полётом должна перенастраиваться после таких сбоев. Анализируются характеристики реконфигурации органов управления полётом и возможности таких типов самолётов. Из-за избыточности поверхности управления самолёт, использующий закон управления полётом с динамической инверсией, используется блок распределения управления. В условиях отказов рулей и ухудшения качества полёта летающее крыло, использующее такой подход к реконфигурации управления полётом может гарантировать безопасность полёта и выполнение некоторых лётно-боевых задач.

Рассмотрим механизацию самолёта Northrop B-2 Spirit и Northrop X-47B. В отличие от обычных представителей летательных аппаратов схемы «летающее крыло», данные бомбардировщики имеют расположенный сзади, в центральной части задней кромки крыла, закрылок, раскрывающиеся щитки на концах крыльях, дефлекторы (у X-47B) и 2 вида элеронов: внешние и внутренние. Внутренние элероны и внешние элероны используются для контроля крена и тангажа. Все элероны делятся на 3 секции. «Летающее крыло» имеет слабую управляемость, в следствии близкого расположения механизации к центру массы крыла. Поэтому для управления на мало скоростном режиме (менее 400 км\ч) используются все элероны, на среднескоростном: первая и вторая секции (400-550 км\ч), на высокоскоростном: (более 600 км\ч) только первая. Дефлекторы (для X-47B) и щитки, имеющие раскрывающуюся конструкцию, благодаря которой при синхронном раскрытии могут использоваться как воздушные тормоза, а при раздельном — рули управления креном и рысканием. С помощью закрылка изменяется угол атаки.

Использование 2 типов элеронов, раскрывающихся щитков на концах крыльев, закрылка, расположенного на центральной части задней кромки крыла, и дефлекторов приводит к улучшению качества управляемости, потерянного в следствии редуцирования

фюзеляжа и близкого расположения механизации к центру тяжести самолёта. На сегодняшний день такая компоновка считается наиболее эффективной. Использование её в разработках отечественных перспективных авиационных комплексах может увеличить тактико-технические характеристики будущих самолётов.

Разработка самолётов типа «летающее крыло» проводится во многих передовых странах, из-за большого потенциала данной схемы. Преимуществами схемы «летающее крыло» является улучшенные показатели обтекаемости и массы, за счёт редуцированного фюзеляжа. Также стоит отметить уменьшение эффективной площади рассеивания и радиолокационной заметности, относительно самолётов классической схемы.

Список используемых источников:

1. WANG Lei, WANG Lixin Reconfigurable Flight Control Design for Combat Flying Wing with Multiple Control Surfaces // Chinese Journal of Aeronautics. 2012. №25. С 493-499. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1000936111604123>

2. А. М. Павлов, В. Д. Маркович, С.Г. Бурлуцкий. Особенности органов управления летательных аппаратов типа «летающее крыло». // Научная сессия ГУАП. Сборник докладов. Том Часть I. 2019. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2019. С. 125-131. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41146721>

## **Исследование воздушных потоков на взлётно-посадочной палубе судна в натуральных условиях**

Борисов П.С., Логинов А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Замятин А.Н.

АО «ЛИИ им. М.М. Громова», Жуковский

Натурные исследования характеристик воздушного потока вблизи вертолётной площадки на корабле проводятся для оценки аэродинамической совместимости кораблей и вертолётов, определения допустимых условий осуществления взлёта и посадки.

В качестве основного средства измерения параметров воздушных потоков используется метеорологический комплекс с двумя ультразвуковыми анемометрами, для одновременного измерения параметров воздушных потоков на высотах расположения верхнего и нижнего винтов вертолёта.

Выполняются измерения параметров воздушных потоков при различных значениях скорости кажущегося ветра (до 17 м/с) и углов набегающего потока относительно диаметральной плоскости судна.

Обтекание корабля воздушным потоком в эксплуатационном диапазоне скорости потока (5...20 м/с) можно считать автомодельным процессом по скорости и рассматривать относительные величины всех составляющих скорости потока над площадкой. При анализе используются значения проекций скорости потока над площадкой, отнесённые к скорости результирующего воздушного потока перед судном.

Когда набегающий поток направлен в нос корабля, площадка находится в зоне аэродинамических возмущений от носовой части корабля и следует ожидать сложной вихревой структуры воздушного потока над ВППЛ.

Когда набегающий поток направлен в кормовую часть судна, передняя часть надстройки будет находится в тени, и перед ним возникнет зона разрежения, в которую будет подсасываться воздушный поток из носовой части судна.

Для анализа структуры воздушных потоков над площадкой полученные значения относительных проекций скоростей объединяются в группы с близкими значениями угла потока относительно диаметральной плоскости корабля.

В соответствии с изложенной выше методикой определяются зависимости относительных значений проекций скорости (средние значения за время измерения) и

вертикального скоса воздушного потока над площадкой. Полученные параметры проверяются на соответствии требованиям для данного вертолѐта.

Данные исследования проводятся для определения условий движения воздушного потока относительно корабля, при которых обеспечивается безопасная эксплуатация вертолѐтов. Необходимо установить различные ограничения по скорости и направлению ветра, измеряемые штатным оборудованием корабля.

В данной статье приведѐн один из методов исследования параметров воздушного потока в районе ВПП авианесущего корабля.

Список используемых источников:

1. Замятин А.Н., Рогозин В.В., Григорьев М.А., Зуев С.А., Дорин В.И., Жилкин В.А. «Оценка в реальных условиях аэродинамической совместимости кораблей и ЛА при их эксплуатации в различных режимах полѐта на кораблях» // Межведомственная научно-техническая конференция «Проблемные вопросы лѐтно-морских испытаний авиационной техники и вооружения», Феодосия-Новый Свет, сентябрь 2018 г.

2. Замятин А.Н., Рогозин В.В., Григорьев М.А., Желанников А.И. «Исследования характеристик воздушных потоков над палубой с целью определения аэродинамической совместимости ЛА и корабля» // «Лѐтные испытания летательных аппаратов» выпуск 284.

### **Экспериментальные исследования пассивного метода затягивания срыва потока на отсеке крыла в АДГ Т-1 МАИ**

Волобуев Р.А., Галкин М.Ю., Мельников С.В.

Научный руководитель — Кузнецов А.В.

МАИ, Москва

Управляя обтеканием объекта возможно добиться различных полезных аэродинамических эффектов, таких как, например, повышение максимальной подъёмной силы, увеличение критического угла атаки, уменьшение аэродинамического сопротивления и т.д. На данный момент существуют несколько способов управления обтеканием: вихрегенераторы (ВГ), турбулизирующие элементы, выдув газа на обтекаемой поверхности, отсос пограничного слоя. В связи с тем, что последние два способа технически сложно реализуемы и энергетически затратны, в данных экспериментальных исследованиях были задействованы лишь вихрегенераторы и турбулизирующая лента. При исследовании крыла названными способами большой интерес представляет картина течения на его верхней поверхности. Для её получения прибегают к визуализации.

Задачей данной работы является исследование и сравнение аэродинамических характеристик отсеков крыльев разных профилей, а также визуализация течения на них. Для визуализации был использован метод масляных точек. Испытания проводились в аэродинамической трубе малых дозвуковых скоростей Т-1 МАИ.

Испытания были проведены с профилями ND4, GA(W1) и GA(W2) для следующего ряда конфигураций: «чистое» крыло и крыло с вихрегенераторами на передней кромке. Последняя конфигурация была выполнена с опорой на новый тип ВГ, изложенный в патенте [2]. Все отсеки крыла имеют хорду 400 мм. Исследование было проведено на скорости потока 48 м/с, что соответствует значению числа Рейнольдса  $1,24 \cdot 10^6$ . Диапазон углов атаки составляет от  $-4$  до  $40$  градусов. Также были проведены пятикратные испытания для определения статистических погрешностей и испытания на квазистатистический гистерезис.

Результатом проведѐнного исследования является базис аэродинамических сил и моментов, их зависимости от угла атаки и скорости набегающего потока для отсеков крыла с разными профилями. Был проведѐн анализ обтекания набегающим потоком верхней поверхности отсеков крыльев и их передних кромок.

При проведении визуализации течения исследовалось развитие отрывной зоны на различных конфигурациях отсеков крыльев. Например, на чистом отсеке с профилем GA(W1) с угла атаки  $24$  градуса и более был обнаружен ламинарный «пузырь». Зафиксировано его взаимовлияние с вихревой системой. На этом же отсеке в конфигурации

с вихрегенераторами на носке ламинарный «пузырь» начинает развиваться позже — с 26 градусов.

Список используемых источников:

1. Устименко М.В. Влияние различных аэродинамических устройств на обтекание прямого крыла в дозвуковом несжимаемом потоке: выпускная квалификационная работа бакалавра. МАИ, кафедра 105, 2022 г.
2. Аэрогидродинамическая поверхность, группа вихрегенераторов и способ установки группы вихрегенераторов (вихрегенераторы на передней кромке): патент РФ №2749524 от 28.02.20
3. Множественный гистерезис статических аэродинамических характеристик / С.В. Кабин [и др.]. Учёные записки ЦАГИ. 1999. Том XXX. №3-4. С. 61-67.

## **Обеспечение безопасности пилотирования в условиях сокращённого прямолинейного участка подхода к ВПП**

Воронка Т.В.

Научный руководитель — к.т.н. Тяглик М.С.

МАИ, Москва

На данный момент разработчиками летательных аппаратов активно прорабатывается вопрос сокращения прямолинейного участка захода на посадку. Стоит отметить, что сам по себе этап прямолинейного захода на посадку является довольно сложным для самолётов, что подтверждается статистикой IATA [1], согласно которой большинство авиационных происшествий происходит именно на этом этапе полёта. Основной причиной авиационных происшествий является попадание самолёта в атмосферную турбулентность.

Сокращение прямолинейного участка целесообразно с точки зрения уменьшения шума над жилыми районами, однако это требует выполнения манёвров на малой высоте, что часто приводит к катастрофам. Штатные курсоглиссадные системы не предназначены для выполнения точного пилотирования по заданным криволинейным траекториям. В этой связи в работе предлагается использовать дополнительную индикацию [2], которая показывает лётчику заданную траекторию движения, прогнозирует движение самолёта, что и должно обеспечить заданный уровень безопасности при выполнении подхода по криволинейной траектории, в том числе при попадании самолёта в сильную атмосферную турбулентность.

Эффективность такого решения была проверена путём проведения экспериментальных исследований на пилотажном стенде МАИ, включая полет в условиях атмосферных возмущений. При использовании разработанной индикации лётчик в 100% случаев принимает решение о выполнении посадки и совершает её успешно.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309)

Список используемых источников:

1. Safety Report, 2018, IATA Safety Report 2018 (Issued April 2019), 55th Edition, ISBN 978-92-9229-887-6;
2. Efremov A.V., Tiaglik M.S., “The development of perspective displays for highly precise tracking task in the book”// Advances in Aerospace Guidance, Navigation and Control, Springer, 2011, pp. 163-174.

## **Исследования степени начальной турбулентности потока в аэродинамических трубах лаборатории каф. 105 МАИ**

Галкин М.Ю., Гульханова Э.В., Волобуев Р.А.

Научный руководитель — Кузнецов А.В.

МАИ, Москва

При проведении эксперимента в аэродинамической трубе необходимо знать степень начальной турбулентности потока в рабочей части для анализа полученных результатов. В данной работе исследовалась степень начальной турбулентности аэродинамических труб

кафедры 105 МАИ. Для определения степени начальной турбулентности существует множество экспериментальных методов: одним из самых распространённых является определение степени начальной турбулентности с помощью шара по которому её можно измерить по сопротивлению и перепаду давления. Также существует метод определения степени начальной турбулентности с помощью термоанемометров различных типов.

Целью настоящей работы является определение степени начальной турбулентности потока в рабочей части АДТ. Испытания проводились в дозвуковых аэродинамических трубах кафедры 105 МАИ, таких как АДТ Т-1 МАИ, АДТ «Круглая», АДТ «НК». В работе использовался шар трубы Т-1 диаметром 150 мм. Также производились измерения с помощью деревянных шаров труб «НК» ( $d=220$  мм) и «Круглая» ( $d=200$  мм). Экспериментальные исследования в трубе Т-1 МАИ велись на 6-и компонентных весах 6КТ-1, измерения давления велись с помощью датчика избыточного давления JUMO; в АДТ «Круглая» на 3-ех компонентных весах ЗАВКТ, перепад давления измерялся с помощью микроанометра ЦАГИ; в АДТ «НК» измерения велись с помощью тензовесов и датчика JUMO.

В результате проведённых исследований получены значения критических чисел Рейнольдса и степени начальной турбулентности для

каждой из аэродинамических труб. И были подтверждены заявленные для этих труб характеристики. Также проведены сравнения результатов, полученные во время экспериментов с разными шарами. Для увеличения точности измерений и повышения удобства проведения эксперимента была разработана программа, позволяющая осуществлять динамический сбор данных с датчиков через систему L-CARD с модулями аналого-цифровых преобразователей (АЦП): LTR11, LTR27, LTR212 и цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) LTR34. Данная программа позволяет в реальном времени отрисовывать график снятых показаний, рассчитывать среднее значение, среднее квадратичное отклонение, ширина доверительного интервала и реализован 3 сигма фильтр для отсева грубых погрешностей.

Список используемых источников:

1. Микеладзе В. Г., Титов В.М. «Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолётов и ракет: Справочник.» — М.: Машиностроение, 1982, 149 с, ил.
2. Горшенин Д.С., Мартынов А.К. «Методы и задачи практической аэродинамики.» — М.: Машиностроение, 1977, 240 с.
3. Хинце И.О. Турбулентность. — М.: Физматгиз, 1963, 680 с.
4. Bruun Н.Н. Hot-Wire Anemometry. Principles and Signal Analysis. — Oxford: Oxford University Press, 1995, 510 p.

## **Исследование аэродинамической совместимости вертолётного груза путём гидродинамического моделирования в среде SolidWorks Flow Simulation**

Камаренцев С.Э., Баранов А.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Детков А.Н.  
ФАУ ГосНИИАС, Москва

При эксплуатации вертолётного вооружения существует небольшая вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных с аварийным сбросом различных изделий из-за влияния внешних сил и скола потока от несущего винта. Для решения данных проблем существует множество методов оценки безопасного отделения. К таким методам относятся: размещение модели изделия в аэродинамическую трубу, натурные лётные испытания, использование программ вычислительной гидродинамики.

Такие программы, как SolidWorks с пакетом расширения Flow Simulation, Ansys с пакетом расширения Fluent, использующие метод конечного объёма, набирают популярность из-за уменьшения затрат и сроков лётных испытаний вертолётного комплекса при расчёте аэродинамики.

Для расчёта аэродинамики и поведения груза при отделении, решаются задачи обтекания дозвуковым воздушным потоком с различными начальными условиями и параметрами. В качестве таких параметров учитываются параметры рабочего тела, углы атаки и скольжения груза и вертолёт, скорость набегающего потока, высота, относительные координаты груза, различные варианты загрузки вертолёт другими изделиями, а также влияние несущего винта на снос потока.

Итоговые данные с небольшими отклонениями совпадают с реальными расчётами полученные в ходе проведения лётных испытаний, что позволяет сделать вывод об эффективности использования «виртуальных» продувок. Также этот метод можно использовать для предварительных расчётов аэродинамических коэффициентов других, ранее не исследованных в аэродинамических трубах.

Список используемых источников:

1. Детков А.Н., Баранов А.М., Камаренцев С.Э. Математическое моделирование аэродинамической совместимости вертолёт и груза // Полёт. Общероссийский научно-технический журнал. 2022. № 8-9. С. 3-10.

### **Численное моделирование отрывного течения при набегающем воздушном потоке на щелевидные и круглые всасывающие каналы с раструбом**

Логачева А.К.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Попов С.А.

МАИ, Москва

Исследование очертания вихревых зон, образующихся на входе в вытяжные каналы необходимо для определения границ профилирования, которое значительно снижает их аэродинамическое сопротивление. Ранее были определены закономерности изменения размеров вихревых зон при входе в отсосы-раструбы в покоящемся потоке [1,2]. Однако влияние набегающего потока на границы вихревых зон не рассматривалось. Целью работы является выявление влияния скорости набегающего потока на образование вихревых зон на входе в щелевые и круглые отсосы-раструбы, а также определения критической скорости набегающего потока, при которой отрыв потока осуществляется внутрь раструба.

Рассмотрены особенности построения вычислительного алгоритма для расчёта щелевых и круглых отсосов-раструбов в условиях набегающего потока методом дискретных вихрей и дискретных бесконечно тонких вихревых колец. Учитывалось образование двух вихревых зон, образующихся в результате срыва потока с острой кромки и точки присоединения раструба к всасывающему каналу. Приведены картины течения при разных соотношениях скоростей набегающего и всасываемого воздушного потока. Определены зависимости характерных размеров вихревых зон, возникающих на входе в отсосы-раструбы, от скорости набегающего потока, длины и угла наклона-раструба. Получены выражения для критической скорости набегающего потока, при которой меняется режим отрыва потока для первой вихревой зоны с отрыва внутрь раструба на отрыв вне его. Уточнены схемы течения вблизи отсоса для улавливания восходящего воздушного потока для случая предельного и неполного улавливания. Полученные результаты могут быть полезны для конструирования местных отсосов, спрофилированных по найденным очертаниям вихревых зон.

Список используемых источников:

1. Logachev K. I., Ziganshin A. M., Averkova O. A., Logachev A. K. A survey of separated airflow patterns at inlet of circular exhaust hoods. Energy Build. Vol. 173. 2018. doi:10.1016/j.enbuild.2018.05.036.

2. Logachev K. I., Ziganshin A. M., Averkova O. A. A study of separated flows at inlets of flanged slotted hoods. J. Build. Eng. Vol. 29. 2020. doi:10.1016/j.job.2019.101159.

## **Разработка алгоритма наведения на цель с заданным углом подхода**

Матросова И.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Дмитриева Е.А.

МАИ, Москва

Наведение ЛА на цель — это обширная и разносторонняя тема. Задача исследования полёта ЛА в самой общей постановке весьма сложна. Решение задачи динамики полёта начинается с составления математической модели полёта ЛА, которая описывается сложными уравнениями движения. Математическая модель определяется в первую очередь, поставленной задачей, в зависимости от которой исследователь выбирает ту или иную математическую модель ЛА [1].

Ключевым элементом системы наведения является ГСН — это автоматическое устройство, устанавливаемое на ЛА для обеспечения определённой точности наведения. Изготовление ГСН требует наличия достаточного количества материальных средств и производственных затрат. В области строения ЛА постоянно ищут пути снижения расходов. Одним из способов снизить затраты на производство является отказ от использования механического привода поворота головки самонаведения и её закрепление относительно корпуса летательного аппарата. В свою очередь это позволит снизить общий вес ЛА.

Закрепление ГСН вызывает проблему невыполнения условия обнаружения и захвата цели ГСН при наведении методом пропорциональной навигации [2]. Для успешного обнаружения и захвата необходимо сформировать траекторию наведения таким образом, чтобы угол между вектором скорости ЛА и линией визирования цели (угол подхода к цели) на конечном участке наведения был ниже определённой границы. Для обеспечения этого условия требуется разработать модифицированный метод наведения.

Целью исследования является проектирование и создание алгоритма, который бы решал задачу самонаведения на цель при закреплённой ГСН.

Разработка состоит в том, чтобы при наведении методом пропорциональной навигации передавать не координаты реальной цели, а координаты некоторой «виртуальной» цели, координаты которой смещены относительно координат реальной цели на определённое расстояние вдоль её вектора скорости, что позволяет заходить на цель на встречном курсе. Критерием качества разработанного алгоритма принята минимизация угла подхода к цели.

Таким образом, в процессе работы, был спроектирован и создан алгоритм, который позволил успешно решить задачу самонаведения ЛА на цель при жёстко закреплённой ГСН.

Разработанный алгоритм планируется к внедрению в действующий проект изделия «ЛА с АРС» ФАУ «ГосНИИАС».

Список используемых источников:

1. Беляев А.В., Пять доступных лекций по наведению ракет. М.: ЛЕНАНД, 2018. 88 с.
2. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С., Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие для вузов. М.: Машиностроение 1973. 616 с.

## **Разработка программного обеспечения для расширения возможностей аэродинамического испытательного комплекса в АДТ Т-1 МАИ**

Мельников С.В., Волобуев Р.А., Галкин М.Ю.

Научный руководитель — Кузнецов А.В.

МАИ, Москва

Качество получаемых данных в аэродинамическом эксперименте зависит от состава аэродинамического испытательного комплекса, от количества измерительных приборов, средств автоматизированного управления ориентацией модели и вспомогательного оборудования и от программного обеспечения, необходимого для проведения, управления, контроля и обработки результатов испытаний.

Чаще всего программное обеспечение для аэродинамических труб разрабатывается с жёсткой привязкой к интерфейсам измерительных устройств из-за чего процессы замены или добавления нового оборудования приводят к необходимости изменения исходного кода

программ. Ещё одной проблемой является включение в программный код методик определения различных параметров и поправочных коэффициентов, что приводит к созданию не универсальных программных решений и возможному искажению интерпретации экспериментальных данных с течением времени. В следствие чего необходимо проводить полный цикл приёмо-сдаточных испытаний всего программного комплекса.

Кроме того возникает потребность в проведении испытаний существенно отличающихся от стандартных отработанных методик. Например, это могут быть испытания моделей со встроенными измерительными системами (тензометрические весы, датчики давления, датчики температуры и т.д.), моделей с работающими винтами, моделей с отделяемыми элементами и многие другие. Для каждого вида эксперимента приходится разрабатывать собственное ПО, требующее дополнительных трудозатрат при передаче и обработке данных.

В данной работе рассмотрено создание универсального программного комплекса для АДТ Т-1 МАИ, а также программные решения, позволившие увеличить экспериментальный функционал и повысить безопасность и надёжность аэродинамических испытаний.

Список используемых источников:

1. Руководство по проведению типовых экспериментов в дозвуковой аэродинамической трубе Т-1 МАИ кафедра 105, 2000.
2. Микеладзе В. Г., Титов В. М. «Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолётов и ракет: Справочник.» — М.: Машиностроение, 1982. 149 с., ил.

## **Разработка методики параметризации форм ледяных наростов в двумерной постановке**

Окулов М.К.

Научный руководитель — д.т.н. Шевяков В.И.

Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Региональные самолёты», Москва

Одной из важнейших проблем, влияющих на безопасность полёта транспортных самолётов, является проблема обледенения их внешней поверхности и, вследствие этого, ухудшения аэродинамических характеристик. Образование ледяных наростов приводит к росту лобового сопротивления и заметному уменьшению несущих свойств крыла и эффективности органов управления. Эти факторы оцениваются авиационными властями как потенциально опасные последствия попадания в условия обледенения.

Для того, чтобы подготовить исходные данные для расчётных исследований влияния ледяных наростов на аэродинамические характеристики исследуемого объекта, необходимо определить форму и размеры наростов.

С целью упрощения создания геометрии форм ледяных наростов при подготовке исходных данных для расчётных исследований, разработана новейшая методика параметризации форм ледяных наростов в плоском сечении. Данная методика реализована с помощью макросов в программе Microsoft Excel.

Результатом проведённой работы стало создание специального инструмента, представляющего из себя набор макросов, которые позволяют пользователю генерировать форму ледяных наростов по задаваемым им характерным геометрическим параметрам на двумерных профилях. После построения ледяных наростов в программе выводятся координаты тела комбинации «профиль – лёд», которые можно использовать для создания двумерной модели и последующего проведения аэродинамических исследований. Сравнение полученных аэродинамических характеристик модели комбинации «профиль – лёд» и модели «чистого» профиля может позволить определить влияние того или иного характерного геометрического параметра нароста на аэродинамику двумерного профиля.

## **Проведение лётных испытаний на сваливание**

Пронкин А.А.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

В данной работе рассматриваются лётные испытания по определению скорости сваливания летательных аппаратов, а также работа различных датчиков по предотвращению данного явления. Значимость этих испытаний очень высока. При неправильной подобранной скорости сваливания самолёт может сорваться в штопор, из которого будет непросто выйти. Испытание ЛА на сваливание — одно из ключевых задач, которую решают испытатели. Стоит отметить, что данные испытания проводятся в реальных условиях с реальными объектами. Поэтому, важно постоянно контролировать ситуацию и действовать в строгих рамках заданных параметров для обеспечения безопасности испытаний.

Испытания на сваливание проводят в два этапа. Первый — это определение критической скорости с различной степенью выпуска механизации, проверка работы системы предупреждения сваливания. Второе — это полёты по заданной траектории, т.е. определение критической скорости входа в сваливание на криволинейных участках, а также отработка этого эффекта на определённых участках полёта: взлёт, посадка, уход на второй круг и т.д.

Сваливание — это явление в аэродинамике при котором происходит потеря подъёмной силы на крыле самолёта из-за неправильного обтекания набегающего потока воздуха. Данное событие приводит к потере высоты и снижению управляемости самолёта. Лётчик-испытатель должен безошибочно распознать попадания самолёта в сваливание и правильно выйти из него. Сваливание достигается за счёт увеличения угла атаки крыла при заданной скорости. Однако, при достижении критического угла атаки обтекание крыла начинает разрушаться, что приводит к потере подъёмной силы и возникновению сваливания.

Для выхода из сваливания и предотвращения попадания в глубокое сваливание, необходимо уменьшить угол атаки крыла, в результате чего уменьшится неблагоприятный градиент давления и восстановится нормальное обтекание крыла. В зависимости от типа используемого самолёта и его аэродинамических характеристик, необходимо уменьшить тянущие усилия на штурвале или слегка отдать штурвал от себя. Важно не забывать про то, что резкая и сильная отдача штурвала от себя может вызвать отрицательную перегрузку, а это, в свою очередь, усложнит процесс стабилизации самолёта.

После выхода ЛА из сваливания, необходимо достичь безопасной скорости самолёта в горизонтальном полете и только после этого плавным движением штурвала на себя вернуть заданную высоту.

Для того чтобы избежать такого опасного явления, как сваливание, необходимо чётко знать пограничные скорости в разных конфигурациях самолёта (с выпуском механизации и шасси или полёта на эшелоне). Так же, в летательных аппаратах должны быть установлены датчики по предупреждению о подходе самолёта к такой скорости или углу атаки.

Список используемых источников:

1. Оксфордская Авиационная Академия. Принципы полёта, 4-ое издание.
2. CAE Oxford Aviation Academy. PRINCIPLES OF FLIGHT.
3. <https://www.easa.europa.eu/en/light>
4. <https://favt.gov.ru/dokumenty-federalnye-pravila/>

## **Особенности нагружения лопастей и вала несущего винта на боковых режимах обтекания**

Пушкарева А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Николаев Е.И.

АО «КВЗ», Казань

Скорость и направление ветра — важный эксплуатационный фактор условий полёта вертолёт. Безветренная погода составляет сравнительно небольшую часть времени года, поэтому в большинстве случаев вертолёт эксплуатируется в условиях ветра.

На режиме висения скорость и направление ветра оказывают существенное влияние на вертолёт. Условия выполнения висения заметно усложняются в технике пилотирования вертолёта при ветре сзади и сбоку. При ветре сзади для сопротивления перемещению вертолёта вперёд необходимо тянуть ручку циклического шага на себя, что приведёт к увеличению угла тангажа, опусканию хвостовой балки к земле. Вследствие этого возрастает поперечная аэродинамическая сила, смещающая вертолёт по направлению ветра, что требует ещё большего отклонения ручки циклического шага на себя. В этом случае запасов управления может быть недостаточно при скорости ветра сзади 7-10 м/с, а сильное опускание хвостовой балки приведёт к касанию с землёй.

При порывах ветра слева углы атаки лопастей и тяга РВ уменьшаются, появляется поперечная аэродинамическая сила фюзеляжа, смещающая вертолёт по направлению ветра. Для нивелирования разворота влево и смещения вертолёта вправо необходимо нажать на правую педаль и отклонить ручку циклического шага влево, что приведёт к уменьшению тяги НВ, которая уравнивает вес вертолёта, и мощности на валу НВ. Таким образом, для удерживания высоты следует отклонить вверх ручку «шаг-газ», что сопровождается увеличением тяги и реактивного момента НВ и требует ещё большего отклонения вперёд правой педали.

При порыве ветра малой скорости справа тяга РВ может несколько возрасти. Вместе с действием боковой силы кля это обеспечивает некоторую степень статической путевой устойчивости. Однако на больших скоростях ветра справа (как правило, превышающих допустимые ограничения) происходит падение тяги РВ вследствие развития срывной зоны на его лопастях. Вертолёт становится неустойчивым и разворачивается хвостом на ветер.

Боковые режимы обтекания невозможно достаточно точно рассчитать, используя классические методы расчёта винта, так как это режимы с малыми скоростями полёта. А наклон оси вихревого следа за винтом находится не в плоскости симметрии вертолёта.

Разработана математическая модель пространственной балансировки вертолёта, которая состоит из двух основных частей: в первой — рассчитываются силы и моменты, мощности на несущем и рулевых винтах; во второй — уравнения движения, силы и моменты, действующие на вертолёт. Обе части программы объединены в программу балансировки, которая решает задачу поиска решения задачи определения управляющих параметров: общих шагов несущего и рулевого винтов, циклических шагов несущего винта и пространственного положения вертолёта; углов крена и тангажа. Лопастей несущего и рулевого винтов считаются жёсткими, и их движение представлено коэффициентами маховых колебаний лопастей относительно горизонтального шарнира. Есть возможность моделировать карданный рулевой винт с двумя лопастями. Движение лопастей относительно вертикального шарнира не моделируется.

В рамках математической модели проведены последовательные расчёты тяговых и балансировочных характеристик вертолёта и определены критические для лопастей винтов и вала направление и скорость ветра.

Для решения поставленной задачи в математической модели применены следующие методы расчёта:

- Расчёт индуктивной скорости в плоскости диска несущего винта методом Шайдакова при принятом типовом законе распределения циркуляции по радиусу лопасти с учётом угла наклона вихревого цилиндра вне плоскости симметрии вертолёта;
- Метод Бройдена при поиске решения задачи пространственной балансировки вертолёта на боковых режимах полёта;
- Метод Ньютона для решения задачи расчёта коэффициентов маховых колебаний лопастей винтов в плоскости взмаха;
- Интегрирование распределённых по лопасти погонных аэродинамических и инерционных нагрузок ведётся с применением интегрирующих матриц Вахитова.

Использование метода Шайдакова позволяет вычислять индуктивные скорости на малых скоростях полёта, но возникают трудности аккуратного поворота систем координат, применяемых при расчёте угла атаки несущего винта и скоростей в расчётных сечениях

лопастей по радиусу. Метод Бройдена ускоряет процесс поиска по сравнению с методом Ньютона, так как основан на корректировке якобиана вместо его вычисления на каждом шаге поиска решения, не требует задания начального приближения вблизи искомого решения для обеспечения сходимости процесса поиска. Интегрирующие матрицы удобны для вычисления интегралов, так как сводят весь процесс интегрирования к умножению матрицы на столбец интегрируемой функции.

В докладе приведены результаты расчёта нагрузок на валу и лопастях винтов, а также отклонения органов управления вертолётom в зависимости от скорости и направления ветра. Показаны зависимости угла наклона вихревого цилиндра от величины скорости ветра. При расчёте нагрузок использовались круговые продувки фюзеляжа, полученные в аэродинамической трубе.

Список используемых источников:

1. Браверман А. С., Вайнтриб А. П. Динамика вертолётa. Предельные режимы полётa — М.: Машиностроение, 1988. 280 с.
2. Трошин И.С. Динамика полётa вертолётa: Учебное пособие — М.: МАИ, 1990. 192 с.
3. Володко А. М. Основы лётной эксплуатации вертолётov. Аэродинамика — М.: Транспорт, 1984. 256 с.
4. Шайдаков В.И. Обобщённая дисковая вихревая теория и методы расчётa индуктивных скоростей несущего винта вертолётa//Проектирование вертолётov: Тем. сбор. науч. тр./ МАИ, М., 1977.
5. Broyden, C. G. "A Class of Methods for Solving Nonlinear Simultaneous Equations" *Mathematics of Computation/ American Mathematical Society/* 19(92): 577-593. doi:10.1090/S0025-5718-1965-0198670-6@.JSTOR 2003941

## **Исследование влияния переходных процессов летательного аппарата в продольной плоскости на возникновение явлений аэроупругости**

Сагалович С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

При разработке летательного аппарата, с использованием цифровых технологий, важной задачей является определение параметров возникновения явлений аэроупругости на начальных этапах проектирования [1]. Наиболее часто приоритетной целью является определение критической скорости полётa летательного аппарата, при которой возникают: флаттер, бафтинг, дивергенция, реверс элеронов, однако, и другие внешние воздействия могут вызвать эти явления аэроупругости. Например, такие возмущающие воздействия, как дополнительный аэродинамический момент от демпфирующих свойств воздуха, моменты запаздывания скоса потока, возникающие на оперении ЛА, и силы инерции, действующие на конструкцию самолётa. Перечисленные явления наиболее заметно проявляются при интенсивных изменениях угловой скорости полётa [2].

Так как описание совокупности возмущающих факторов представляется возможным только при наличии динамически меняющихся параметров, которые носят стохастический характер, был проведён аэродинамический эксперимент с подвижной моделью ЛА. В ходе эксперимента удалось установить характер эффектов, действующих на летательный аппарат в продольной плоскости при интенсивном маневрировании. Опыты показали, что в точках изменения направления вектора угловой скорости наблюдаются наибольшие воздействия возмущающих аэродинамических моментов на конструкцию планера. Высокая величина производной угловой скорости влияет на характер обтекания ЛА, вследствие чего заметную роль в движении самолётa начинают играть нестационарные процессы. Резкое изменение аэродинамических моментов опережает способность ЛА перемещаться под таким воздействием, в результате чего возникают внутренние силовые факторы, вызванные инерционными свойствами конструкции.

Таким образом, зависимость аэродинамического момента принимает наиболее нелинейный вид, а его величина достигает максимума, возможна ситуация появления резонанса, вызванного сложением возмущающих аэродинамических сил и сил инерции. В таких условиях при недостаточном управлении параметром углового ускорения и недостаточном сопротивлении фюзеляжа к изгибающему моменту, есть вероятность развития бафтинга фюзеляжа и, как следствие, потеря устойчивости и разрушение планера ЛА.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.
2. Сагалович, С. А. Оценка влияния объёмно-массовой компоновки БПЛА на переходные процессы полёта в продольной плоскости / С. А. Сагалович, С. А. Серебрянский, А. В. Клочков // Авиация и космонавтика / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 68-69.

## **Исследование возможностей управления траекторией полёта ракет космического назначения**

Сёмкин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

Целью данной работы является исследование возможностей управления траекторией полёта ракет космического назначения с помощью математического моделирования.

Основными задачами исследования явились:

- Подбор и постижение информации по тематике;
- Рассмотрение способов управления траекторией на данный момент;
- Изучение основных аспектов и особенностей работы пневмогидравлической системы, её виды и отличительные черты каждой;
- Подбор и рассмотрение методов математического моделирования;
- Анализ возможностей использования математических моделей при разработке элементов системы;
- Анализ полученных результатов по проделанной работе и вывод о дальнейших перспективах в области разработки математических моделей.

Объектом исследования является процесс управления траекторией полёта ракет космического назначения.

Предметом исследования является: свойства и характеристики действующих элементов управления, влияющих на эффективность процесса.

Были достигнуты следующие результаты проведённого исследования:

Рассмотрены способы управления траекторией ракеты на данный момент времени, изучены основные аспекты, устройства и термины, связанные с траекторией полёта ракеты, подобраны и рассмотрены методы математического моделирования, а также силы, действующие на ракету-носитель, методы управления вектором тяги.

Рассмотрим некоторые способы управления полётом

Управление вектором тяги — способность летального аппарата управлять направлением тяги от его двигательной установки для управления ориентацией или угловой скоростью летального аппарата.

Поскольку аэродинамические управляющие поверхности не имеют смысла в ракетной технике, осуществляющей полёт за пределами атмосферы, управляемый вектор тяги является основным средством управления ориентацией. Принцип работы заключается в отклонении сопла на заданный угол с помощью рулевых машин. Качающееся управляющее сопло является наиболее перспективным органом управления траекторией ракеты

космического назначения. К одним из преимуществ такого типа управления можно отнести факт того то, что качающееся управляющее сопло без разрыва контура в дозвуковой части по уровню нулевых практически эквивалентно стационарному сопловому блоку. К недостаткам же сопла стоит отнести увеличение затрачиваемых энергетических ресурсов у рулевых машин для поворота сопла на заданный угол в период уменьшения давления в камере сгорания.

Иными словами, качающееся управляющее сопло, оно же поворотное управляющее сопло, обеспечивает эффективную работу, но требует высоких энергетических и силовых затрат механизма.

Газовый руль — устройство для управления летательными аппаратами на тех участках полёта, где воздушные рули неэффективны. По конструкции газовые рули могут иметь различные виды: от пластин, изменяющих направление тяги газового потока, до сложного соплового аппарата. В самолётах вертикального взлёта и посадки газовые рули применяются на режимах взлёта и посадки (до выхода на горизонтальный полёт), в ракетах и космических кораблях — на начальных участках полёта и для управления в безвоздушном пространстве.

К основным достоинствам данного способа можно отнести сравнительно простой способ изготовления и эксплуатации, что позволит увеличить затраты иных механизмов, агрегатов или систем ракеты, в которых это будет более необходимо, либо критически необходимо.

Однако же система управления вектором тяги на основе газовых рулей создаёт потери тяги из-за их расположения. Эффективность газовых рулей существенно снижается с увеличением степени расширения сопла. Газовые рули могут применяться также в сочетании с аэродинамическими рулями на атмосферном участке траектории ракеты. Поэтому комбинированный способ управления вектором тяги газовых рулей с другими видами управления принесут наилучшие энергетические и массовые показатели ракеты. Впрыск рабочего вещества в расширяющуюся часть сопла имеет свои достоинства, к которым можно отнести отсутствие необходимости установки подвижных деталей и сложных систем в сверхзвуковом потоке сопла. А также система управления вектором тяги с помощью впрыска имеет малую массу и высокое быстродействие, что положительно сказывается на процессе управления.

Практическая реализация системы впрыска определяется созданием надёжно работающих клапанов, которые и осуществляют регулировку подачи рабочего вещества.

Серьёзным же недостатком является уменьшение величины боковой силы за счёт понижения давления за местом впрыска. В следствие чего теряется эффективность двигательной установки.

Список используемых источников:

1. Аверьянов А.В., Азаренко Л.Г., Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. — М.: Инфра-Инженерия, 2018. — 381 с.
2. Сухарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. — М.: Бином. Лаб. знаний, 2013. — 407 с.
3. Каримов В.А. Динамика ракет с аэродинамическим управлением. — М.: Наука, 2018. — 326 с.
4. Ерохин Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей. — М.: Лань, 2015. — 326 с.

## **Определение амплитуд колебаний маятникового виброгасителя в полете на основе анализа видеоматериалов**

Тихонова А.Ю., Пантюхин К.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Николаев Е.И.

АО «КВЗ», Казань

Борьба с вибрациями на вертолётах актуальна и на сегодняшний день, она приводит к индупцированию шума и оказывает непосредственное влияние на человека, снижая его функциональные возможности и работоспособность. Поэтому разрабатываются и разработаны методы и средства уменьшения вибраций.

Типичными для вертолёта вибрациями являются колебания вызванные равнодействующими сил и моментов на втулках несущего и рулевого винтов. Существенную интенсивность вибраций на вертолёте имеет гармоника, соответствующая количеству лопастей, которую в большинстве случаев желательно подавить. Одним из способов его уменьшения является использование инерционных динамических гасителей колебаний лопасти маятникового типа.

Амплитуда маятниковых виброгасителей несущего винта определена на основе полученных данных в процессе анализа видеоматериалов. Камера для видеофиксации работы маятникового виброгасителя была установлена на втулку несущего винта вертолёта.

Из материалов лётных испытаний были выбраны основные режимы полёта, такие как висение, набор высоты, полет с крейсерской и максимальной скоростью и торможение.

Написана программа позволяющая покрупно измерить отклонения маятникового виброгасителя. Замеры проводятся относительно нижней границы кадра. Поскольку маятниковые виброгасители выполняют периодические колебания, полученные данные можно описать функцией ряда Фурье, где гармоника, описывающий функции, ограничивается количеством лопастей несущего винта. Таким образом определяются коэффициенты разложения в ряд Фурье, на основе которых выявляется преобладание той или иной гармоники.

Получив отклонение маятникового виброгасителя и временной промежуток между кадрами определяется амплитуда и частота колебаний маятникового виброгасителя.

Список используемых источников:

1. Михеев Р.А. Прочность вертолётов: Учебник для авиационных специальностей втузов. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.
2. Асташев В.К., Бабицкий В.И., Быховский И.И. и др., Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В41 В.Н.Челомей (пред.). — М.: Машиностроение, 1981. — Т.6. Защита от вибрации и ударов/ Под ред. К.В.Фролова. 1981. 456 с.
3. Миль М.Л., Некрасов А.В., Браверман А.С., Гродко Л.Н., Лейканд М.А. Вертолеты. Расчёт и проектирование. Книга 2. Колебания и динамическая прочность. М.: Машиностроение. 1967. 423 с.
4. Дьяконов В.П. MATLAB 7. \*/R2006/R2007: Самоучитель. М.: ДМК Пресс, 2008. 768 с.

## **Исследование подъёмной силы фюзеляжа с радиолокационным комплексом в виде диска**

Хамитова Е.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Фролов В.А.

Самарский университет, Самара

В настоящее время получили распространение антенны радиолокационных комплексов в виде круглых дисков, которые располагаются над фюзеляжем и устанавливаются на одном или двух пилонах. В работе выполнено экспериментальное исследование влияния высоты расположения антенны радиолокационного комплекса в виде диска на подъёмную силу фюзеляжа. В данном исследовании выбрана схема с одним пилоном, установленным в базовой плоскости самолёта. Испытания проводились в аэродинамической дозвуковой трубе Т-3 Самарского университета [1]. Эксперименты выполнены для изолированного фюзеляжа, изолированного обтекателя антенны и для модели в сборке с тремя различными высотами установки обтекателя антенны на пилоне. Относительные высоты расположения антенны, обезразмеренные по радиусу фюзеляжа, составляли: 0 (поверхность антенны и фюзеляжа имели точку касания); 0,025 м и 0,075 м.

Получены коэффициенты подъёмной силы для моделей в зависимости от углов атаки. Определён коэффициент интерференции, учитывающий изменение подъёмной силы в системе антенна-фюзеляж в зависимости от их взаимного расположения. Результаты эксперимента показали немонотонную зависимость производной коэффициента подъёмной силы по углу атаки от высоты расположения радиолокационного комплекса в виде диска над

фюзеляжем. Существует определённая высота расположения обтекателя антенны, при которой отмечается максимальное значение производной коэффициента подъёмной силы по углу атаки комбинации фюзеляжа и антенны.

Список используемых источников:

1. Комаров, В.А. и др. Вузовская учебно-исследовательская аэродинамическая труба Текст / В.А. Комаров, В.В. Тарасов [и др.] — Общероссийский научно-технический журнал «Полёт» — 2006, — №10, — С. 23-40.

## **Численное моделирование распределения атомарного кислорода на поверхности летательного аппарата**

Шевко А.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Тихоновец А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Многие объекты в космическом пространстве испытывают действие свободномолекулярного потока. Атомарная кислородная коррозия является одним из важных факторов, которые ставят под угрозу срок службы космических аппаратов. При этом распределение атомарного кислорода на поверхности летательных аппаратов мало изучается из-за сложностей в численном моделировании свободномолекулярных процессов.

Гипотеза. Данное исследование позволит проанализировать плотность молекулярного потока на поверхности космического летательного аппарата для последующей оценки негативного влияния атомарного кислорода на поверхность обшивки.

Целью данной работы является изучение распределения атомарного кислорода на поверхности космического летательного аппарата, выполняющего полет на низкой околоземной орбите в свободномолекулярном течении, изучение влияния атомарного кислорода на поверхность обшивки летательного аппарата и оценка возможной интенсивности коррозии по результатам расчётов.

Атомарный кислород — один из опасных факторов космического пространства, действующий на космический летательный аппарат на низких околоземных орбитах. В результате воздействия атомарного кислорода на поверхность летательного аппарата происходит разрушение поверхностного слоя обшивки летательного аппарата и унос материала.

Большинство орбит спутников и космических летательных аппаратов находится под действием свободномолекулярного потока (на высотах 200-700 км). Свободномолекулярный поток — это течение, характеризующееся экстремальным разрежением атмосферы, в котором необходимо учитывать взаимодействие между молекулами и их столкновения с поверхностью объекта. При этом законы классической аэродинамики неприменимы в подобной среде из-за большого расстояния между молекулами. Для моделирования таких течений используются кинетические уравнения или статистические методы.

В данной работе был использован метод прямого моделирования Монте-Карло (DSMC) для моделирования обтекания космического корабля «Буран» в свободномолекулярном потоке на высоте 250 км. DSMC использует вероятностное моделирование (Монте-Карло) для решения уравнения Больцмана для потоков жидкости с конечным числом Кнудсена.

На температуру, плотность и молекулярный состав потока влияет солнечная и геомагнитная активность. Согласно COSPAR International Reference Atmosphere – 2012, была выбрана модель средней солнечной и геомагнитной активности и получена информация о температуре, плотности и молекулярном составе потока на выбранной высоте.

Геометрия, используемая для построения трёхмерной модели была создана с помощью программного обеспечения Siemens NX.

В ходе расчётов получена молекулярная плотность атомарного кислорода на высоте в 250 км. Рассчитано также среднее количество атомарного кислорода на поверхности летательного аппарата.

В ходе расчётов проанализировано влияние различных направлений потока на поверхность обшивки летательного аппарата. Предложено положение летательного аппарата, которое позволит уменьшить негативное влияние атомарного кислорода на обшивку летательного аппарата.

#### Выводы

По результатам исследования предложенная гипотеза верна. Получены численные данные о плотности молекулярного потока на поверхности космического летательного аппарата. Среднее количество атомарного кислорода, полученное в ходе расчёта, способно оказать негативное влияние на обшивку летательного аппарата. Это влияние возможно уменьшить путём изменения положения летательного аппарата относительно потока.

Сделаны следующие выводы:

1. Подветренная сторона космической станции близка к вакууму из-за незначительного количества молекул, попадающих в эту область потока.
2. Вертикально, перпендикулярно наветренной стороне ЛА и параллельно направлению набегающего потока, плотность молекулярного потока резко уменьшается, что указывает на большой градиент давления в этом направлении.
3. Среднее количество атомарного кислорода на поверхности достаточно для заметного негативного влияния на обшивку летательного аппарата.

Список используемых источников:

1. Шувалов В.А., Токмак Н.А., Письменный Н.И., Кочубей Г.С. Физическое моделирование воздействия атомарного кислорода ионосферы земли на полимеры космических аппаратов // Приборы и техника эксперимента. 2021. С. 79-88. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46153372> (Дата обращения: 03.02.2023)
2. Семкин Н.Д., Телегин А.М., Калаев М.П. Космическое пространство и его влияние на элементы конструкций космических аппаратов [Электронный ресурс]: Самара. 2013. 46 с. (Дата обращения: 13.02.2023)
3. Hart K. A., Dutta S., Simonis K. R., Steinfeldt B. A., Braun R. D. Analytically-derived Aerodynamic Force and Moment Coefficients of Resident Space Objects in Free-Molecular Flow // AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference. 2014. P 1-14. (Дата обращения: 14.02.2023)

### **Построение адаптивного регулятора, базирующегося на принципе «обратной динамики» с использованием упрощенной модели движения самолёта**

Щербаков А.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ефремов А.В.

МАИ, Москва

Принцип «обратной динамики» является одним из современных подходов к конструированию систем управления. Регуляторы, построенные на этой основе, позволяют приблизить динамику объекта управления к динамике интегрирующего звена. При управлении таким объектом обеспечивается наилучшая точность пилотирования и минимальная коррекция, вводимая лётчиком в области низких и средних частот.

Синтез регулятора, базирующегося на принципе «обратной динамики» требует точного знания параметров математической модели объекта управления. В настоящей работе исследуется возможность построения такого регулятора, структура которого определяется упрощенной моделью движения самолёта. Для вычисления параметров математической модели используется метод параметрической идентификации, функционирующий в режиме реального времени. Метод идентификации основан на множественной регрессии.

Эффективность исследуемого варианта регулятора, базирующегося на принципе «обратной динамики», структура которого определяется упрощенной моделью движения, подтверждена путём выполнения экспериментальных исследований на пилотажном стенде МАИ. Эксперименты выполнялись как в штатных условиях, так и в случае возникновения отказа. Показано, что рассматриваемый регулятор обеспечивает высокую точность

выполнения задач пилотирования даже в случае возникновения отказов элементов системы самолёт-лётчик.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309).

Список используемых источников:

1. Ефремов А.В. Система самолёт—лётчик. Закономерности и математические модели поведения лётчика. — М.: Изд-во МАИ, 2017;
2. P. Smith, A Simplified Approach to Nonlinear Dynamic Inversion Based Flight Control. 23rd Atmospheric Flight Mechanics Conference, 2008, p. 4461.
3. C. Miller, Nonlinear Dynamic Inversion Baseline Control Law: Architecture and Performance Predictions. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, 2011, pp. 6467 — 6492.
4. Динамика полёта: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др./; под ред. Г.С. Бюшгенса. — М.: Машиностроение, 2011., с. 497.

## Секция №1.2 Проектирование, конструирование и технология производства ЛА

---

### Применение сплавов на основе бериллия в конструкции агрегатов планера самолёта

Абрамов Я.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Стремительное развитие современной конкурентоспособной авиационной техники и сложные условия её эксплуатации обуславливают необходимость совершенствования конструкции летательного аппарата (ЛА) [1]. Для обеспечения успешного выполнения ряда поставленных задач необходима высокая приборная скорость и увеличение веса полезной нагрузки. Данные условия предъявляют новые требования к конструкционным материалам, которые должны обеспечить стойкость к высоким температурам, удельную прочность и жёсткость агрегатов планера.

Следовательно, возникает необходимость в применении нового конструкционного материала, сочетающего в себе большую часть преимуществ традиционных сплавов. Материал должен быть лёгким, хорошо обрабатываемым, иметь высокую прочность, жёсткость и эксплуатационную живучесть [2], обладать высокими физико-техническими свойствами. Материал, отвечающий этим высоким требованиям — бериллий. Его удельный модуль упругости в 6 раз выше модуля современных конструкционных материалов.

В данной работе рассматриваются бериллиевые сплавы, обладающие большой удельной прочностью, высокой теплоёмкостью и теплопроводностью. Элементы конструкции из сплавов на основе бериллия могут применяться на воздушных судах с максимальной скоростью более трёх М. Из данного материала возможно изготовление частей конструкции соприкасающихся с топливом и другими веществами, так как на его поверхности образуется тонкая прочная плёнка оксида бериллия  $\text{BeO}$ .

Многокомпонентные системы высокомодульных сплавов  $\text{Al-Be-Mg}$  и  $\text{Al-Be-Mg-Zn}$  легли в основу современных материалов типа АБМ.

Высокомодульный сплав АБМ-3 имеет пониженную плотность и самый большой процент содержания бериллия — 70%. Обладает наивысшей удельной жёсткостью и удельной прочностью при малой плотности. Данный материал на 30% легче алюминиевых сплавов и может применяться для изготовления элементов конструкций ЛА: панелей крыла, лонжеронов, стенок, шпангоутов и так далее. С точки зрения технологии производства узлов и деталей возможно применение механической обработки заготовок, химического фрезерования, получения листовых профилей при помощи стеснённого изгиба с волочением и прокаткой, литья, а так же аддитивных технологий [3]. Получения прессованных профилей из гранул бериллий-алюминиевых сплавов.

Хорошие теплоёмкость и теплопроводность дают возможность использовать сплавы на основе бериллия для воздушно-космической техники, применять его в двигателестроении для изготовления передних лопаток и дисков компрессора, картеров поршневых ДВС. Малый вес в сочетании с высокой жёсткостью делает возможным его применение в приборной технике, заменяя магниевые сплавы.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолёта / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.

3. Меркулов, А. Г. О возможности применения аддитивных технологий в производстве летательных аппаратов / А. Г. Меркулов // Гагаринские чтения: — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — С. 976-977.

## **Семейство двигателей ПД как потенциальный вариант установки на российские гражданские магистральные самолёты**

Беляев В.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов Ю.И.

МАИ, Москва

Перспективный двигатель (ПД) — семейство российских перспективных гражданских турбовентиляторных двигателей поколения 5 и 5+ с тягой на взлёте от 9 до 38 тонн. Данные двигатели можно будет устанавливать на транспортные и пассажирские магистральные самолёты разного класса. Головной двигатель семейства — ПД-14 является первым турбовентиляторным двигателем, созданным в современной России[1].

По заявлению разработчика двигатель ПД-14 обладает следующими характеристиками. Удельный расход топлива на 10—15% меньше по сравнению с современными двигателями аналогичного класса, тяги и назначения. Шум от двигателя на 15–20 дБ меньше, чем требования главы 4 стандарта ИКАО. Снижение уровня эмиссии оксидов азота NOx относительно норм ИКАО 2008 года больше на 30%. Ресурс до первого ремонта блока насосов — 20 000 ч., до первого ремонта всех блоков САУ-14 — 40 000 ч. Эксплуатационные расходы на 14—17%, а стоимость жизненного цикла на 15—20% меньше, чем у конкурентов.

Такие конструктивные параметры как: меньшие температуры на выходе из камеры сгорания, оптимальные размеры внутреннего контура (газогенератора), достаточно высокая расчётная степень сжатия вентилятора и т.д. позволяют обеспечить снижение цены двигателя, затрат на обслуживание и ремонт, массы и лобового сопротивления двигательной установки[2]. Эти же характеристики обеспечивают преимущество двигателей семейства ПД по показателям экономической эффективности, эксплуатации и стоимости жизненного цикла по сравнению с зарубежными аналогами.

В рамках единой серии ПД ведётся развитие проекта в сторону уменьшенной тяги двигателя до 7—9 тонн (ПД-8) и увеличенной взлётной тяги от 20 до 40 тонн (ПД-18, ПД-24, ПД-28, ПД-35, ПД-38). Ведутся также разработки двигателя ПД-12В для установки на вертолёты.

Проведён анализ рациональности установки 2-х двигателей ПД-35 вместо 4-х ПС-90А на самолёты типа Ил-96 по критериям аэродинамической, весовой, топливной и экономической эффективности [3]. Как видно из результатов анализа по вышеуказанным критериям, двигатель ПД-35 превосходит ПС-90А по всем показателям, что доказывает целесообразность установки ПД-35 для самолётов такого типа.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Strelets, D. Yu. Research of the possibility of improving the traction and economic characteristics of a supersonic passenger aircraft engine through minimal modifications to the high-pressure compressor / D. Yu. Strelets, S. A. Serebryansky, M. V. Shkurin // Journal of Physics: Conference Series / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. Volume 2094. — Krasnoyarsk, Russia: IOP Publishing Ltd, 2021. — P. 42055. — DOI 10.1088/1742-6596/2094/4/042055.

## **Применение технологий Structure Health Monitoring (SHM) для контроля состояния конструкции планера ВС**

Бородавкин А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кулешов А.А.

МГТУ ГА, Москва

На сегодняшний день на всех современных типах ВС установлено значительное количество устройств, контролирующих параметры работы различных систем. Такие устройства (различные датчики и сенсоры) объединяются в системы и позволяют не только наблюдать за параметрами работы систем на борту, но и передавать данные в реальном времени на землю для анализа инженерными службами, образуя единое информационное пространство сбора, регистрации и анализа данных [1, 2, 3]. Примерами таких систем являются системы АНМ (Aircraft Health Management) и ЕНМ (Engine Health Management). Они позволяют отслеживать параметры работы бортовых систем и двигателей соответственно. Основными отслеживаемыми параметрами являются параметры работы двигателя (например, температуры газов в различных ступенях двигателя) и систем (параметры состояния и сообщения проявившихся в полёте дефектах).

Однако, если технологии контроля параметров отдельных систем и агрегатов внедрены и широко используются на практике, то контроль состояния конструкции осуществляется в настоящее время по-прежнему без применения каких-либо систем анализа. Основным методом контроля является периодический визуальный осмотр критических элементов конструкции. Периодичность осмотров и выбор критических мест конструкции осуществляется на этапе проектирования при формировании программы технического обслуживания. В настоящее время актуальным методом формирования программ технического обслуживания является метод с использованием логического анализа по схеме принятия решений.

Аналогом концепций АНМ и ЕНМ для планера ВС может служить система SHM (Structure Health Monitoring). Данная система предполагает установку различных датчиков в критические места конструкции. Новая система технического обслуживания позволяет уменьшить частоту технического обслуживания и объем проверок. Соответственно, сокращается трудоёмкость технического обслуживания. Это достигается за счёт контроля (в том числе автоматизированного) технического состояния основных элементов конструкции, с использованием системы датчиков и системы автоматизированной обработки данных, включающей бортовое и наземное оборудование.

Основными показателями, которые необходимы для контроля состояния конструкции и которые должны контролироваться датчиками системы SHM, являются:

- Непосредственное нагружение конструкции в данный момент времени. Такой контроль важен при возникновении условий, при которых нагружение конструкции может достичь предельных значений. Например, такое нагружение может возникнуть при жёстких посадках
- Контроль возникновения и развития усталостных трещин в критических элементах конструкции. Стоит учитывать, что датчики должны фиксировать не только непосредственное появление такой трещины. Необходима реализация возможности анализа развития трещины на основе данных, получаемых от датчиков системы SHM.
- Контроль появления коррозии в критических элементах конструкции. Здесь, как и в случае с контролем развития трещин, важен анализ распространения коррозии на элементах конструкции.

Затраты и преимущества SHM в коммерческой авиации уже были предметом большого числа исследований, которые дали множество результатов. Например, для Boeing 737NG система SHM рассчитана на проверку шпангоутов и стрингеров планера. Последовавшие с применением системы SHM изменения в Программе ТО продемонстрировали значительную экономию времени проверки. На основе моделирования Монте-Карло предполагается, что последовательные проверки на основе SHM снижают связанные с этим затраты на 50 процентов по сравнению с регулярными плановыми проверками с применением визуального метода контроля. Также проведённые исследования указывают на снижение уровня риска

усталостных повреждений конструкции. Использование SHM в рамках диагностического обслуживания может снизить затраты на осмотр на 67 процентов без учёта влияния веса оборудования SHM [4].

По мере проведения исследований и отработки технологий были выявлены и слабые стороны технологий SHM, такие как высокая стоимость установки систем на борту, влияние на весовые характеристики, недостаточная надёжность для использования на всем сроке службы воздушного судна.

Важно отметить ещё одну особенность: все реализованные варианты применения технологий SHM на гражданских ВС, являются по сути лишь расширением и/или углублением технологий неразрушающего контроля и применяются для контроля отдельных критических узлов. Тем не менее, применение системы SHM на самолётах гражданской авиации являются перспективной отраслью развития авиационной науки. Достижимый же при применении такой системы положительный экономический эффект обеспечивает возможность применения системы SHM на практике.

Список используемых источников:

1. D. M. Steinweg and M. Hornung, Eds., *Methods Evaluating The Impact of Structural Health Monitoring on Aircraft Lifecycle Costs*, 2019.

2. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

3. Серебрянский, С. А. Цифровой двойник в едином информационном пространстве жизненного цикла как инструмент обеспечения конкурентоспособности изделия авиационной техники / С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец, М. В. Шкурин // *Автоматизация в промышленности*. — 2021. — № 1. — С. 20-26. — DOI 10.25728/avtprom.2021.01.03.

## **Обнаружение и локализация дефектов в авиационных проводах системы электроснабжения**

Валиев С.Э., Муминов А.А., Муродов Г.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зайцев А.А.

Самарский университет, Самара

Бортовое системы электроснабжения и радиотехнические оборудование теперь оснащены встроенными функциями, позволяющими проводить быструю и целенаправленную диагностику под названием ВІТЕ (Built-In TEst), однако оно не производит проверку электрических жгутов. Чувствительность к дефектам развивается из-за сложности конструкции и интеграции новых технологий: различные проблемы могут возникать на системном уровне из-за электрических кабелей. Диагностика электропроводки необходима для обнаружения и локализации этих дефектов, а также для повышения безопасности и снижения затрат на техническое обслуживание. В данной статье представлены последние результаты диагностики проводов для самолёта А320.

Возникает вопрос о необходимости проведения подобных научно-технических разработок для улучшения диагностики дефектов кабельных жгутов, поскольку надёжность кабелей, устанавливаемых в современных транспортных средствах, должна соответствовать сроку их службы. Это утверждение не принимает во внимание ни возможные человеческие ошибки при изготовлении, монтаже электропроводки и операциях по техническому обслуживанию, ни строгие условия эксплуатации с точки зрения ударов, вибрации и влажности, воздействующие на электропроводную структуру, состоящую из кабелей, разъёмов и соединительных блоков.

Необходимо учитывать несколько видов дефектов кабеля. В зависимости от них должны быть развёрнуты разные ТО. Благодаря наземному ТО могут быть обнаружены только установленные истинные дефекты, предварительно обнаруженные, например, с помощью классических тестов непрерывности.

Временные дефекты являются важной проблемой, поскольку они появляются только во время использования. В большинстве случаев их невозможно воспроизвести впоследствии; что часто приводит к удалению электронных частей оборудования с сообщением «Неисправность не обнаружена» после проверки. Единственным решением для их обнаружения и локализации является встроенная система обслуживания проводов. Такая система должна быть предназначена для сканирования соответствующих кабелей в режиме реального времени, не влияя на режим их работы, чтобы обнаружить дефект, а затем сфокусироваться на подозрительном кабеле, чтобы точно определить его местонахождение. Следует иметь в виду, что бортовой мониторинг кабеля должен отличать истинные дефекты от обычных нарушений целостности из-за отключённого оборудования или изменения конфигурации распределения электроэнергии, например, сбросов нагрузки.

Диагностика старения кабеля является наиболее сложной темой, поскольку она может сократить время «самолёт на земле» (АОГ) или увеличить время безотказной работы благодаря ТО до возникновения реального дефекта. Методы обеспечения прогноза выходят за рамки данной статьи.

Поскольку провода во всех летательных аппаратах стареют, они подвергаются воздействию разным типам проблем. В области надёжности становится проблема безопасности [1].

Электромонтажные сети могут быть затронуты двумя типами неисправностей:

«Мягкие» создаются разрывами импеданса в проводе из-за разного рода дефектов (изоляция, радиальная трещина и износ разъёма [2]). «Серьёзные ошибки» — это обрыв и короткое замыкание. Для первого типа неисправностей временной области это реакция неисправной проводки представляет собой отражения в зависимости от импеданса короткого замыкания на месте дефекта. В случае серьёзных неисправностей структура сети также ответ меняется. Согласно домену приложения, дефекты кабелей могут иметь катастрофические последствия [2] и в настоящее время существует решение задачи в разработки интеллектуальную встроенную диагностику системы, способные обнаруживать дефекты в режиме реального времени.

Был разработан ряд методов для определения местоположения и характера неисправности на проводах [2]. Самая распространённая техника для проверки проводов используется рефлектометрия [2]. Он основан на том же принципе, что и радар. Высокочастотные электрические сигналы отправляются по проводу, где они отражаются от любого скачка импеданса.

Разница (временная задержка или фазовый сдвиг) между падающим и отражённым сигналом, используется для определения места повреждения на проводе.

Интерпретация результатов, полученных с помощью прибора рефлектометрии для разводки сети требует большого опыта, так как ответ прибора рефлектометрии может быть очень сложным. Однако результат рефлектометра само по себе не является самодостаточным, чтобы идентифицировать и определить местонахождение дефектов в проводе. Необходимо эффективно решить обратную задачу, которая состоит в том, чтобы вывести некоторые знания, о дефектах из полученных результатов.

Было предложено несколько методов для определения местоположения и характера неисправности сетей проводов системы электроснабжения. При базовом подходе ответ неисправной сети сравнивается с предварительно измеренным или смоделированный ответ его (известной) исправной конфигурации.

Список используемых источников:

1. F. Auzanneau, “Wire Troubleshooting and Diagnosis: Review and Perspectives”, *PIER B Journal*, Vol. 49, p. 253-279, 2013.
2. C. Furse, Y. C. Chung, C. Lo, and P. Pendayala, “A critical comparison of reflectometry methods for location of wiring faults,” *J. Smart Structures Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–46, 2006.
3. F. Loëte, S. Noël, M. Olivas, and F. Auzanneau, “Feasibility of the detection of vibration induced faults in connectors by reflectometry,” in *Proc. 24th Int. Conf. Elec. Contacts*, St Malo, France, 2008, pp. 440–443.
4. J. S. Barret and M. S. Green, “Statistical method for evaluation electrical failures,” *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 9, no. 3, pp. 1524–1530, Jul. 1994.

## **Аналитическая система контроля состояния трубопроводов системы пожарной защиты самолёта**

Галанова А.П.

Научный руководитель — к.т.н. Агеев А.Г.

ПАО «Туполев», Москва

В ранее выполненной авторами работе [1] об исследовании подходов к выбору очередей пожаротушения с точки зрения создания наиболее эффективных условий для тушения пожара в каждом пожароопасном отсеке летательного аппарата (ЛА), разработан принципиально новый адаптивно-комбинаторный подход к выбору очередей пожаротушения, позволяющий повысить эффективность централизованных систем пожарной защиты (СПЗ) при возникновении пожара в отсеках самолёта и отвечающий последним тенденциям развития цифровых систем противопожарной автоматики.

Кроме этого, для повышения уровня надёжности и отказобезопасности изделий авиационной техники (АТ), должны проводиться мероприятия по разработке современных средств эксплуатационного контроля и диагностики технического состояния особо ответственных конструкций, позволяющие перейти от эксплуатации по ресурсу на эксплуатацию по техническому состоянию.

В связи с тем, что предложенный ранее адаптивно-комбинаторный подход не учитывает контроль за техническим состоянием трубопроводов, целью данной работы стала разработка аналитической системы контроля (АСК) СПЗ, учитывающей возможное повреждение или разрушение магистральных трубопроводов и распылительных коллекторов, по которым огнегасящее вещество (ОГВ) поступает из огнетушителя в пожароопасные отсеки, после поступления команды на подрыв пиропатрона огнетушителя и разрядки баллона.

Нормы лётной годности самолётов транспортной категории предписывают проведение огневых натурных испытаний для проверки эффективности СПЗ [2]. При этом, кроме всего прочего, экспериментально определяют время, за которое концентрация ОГВ в пожароопасном отсеке в случае возникновения пожара достигнет своего максимального уровня и будет обеспечено прекращение пожара.

Каждый огнетушитель оснащён сигнализатором давления, выдающим сигнал в блоки СПЗ при разрядке и достижении давления в нем минимального значения. Таким образом на огневых испытаниях может быть определена величина времени, за которое происходит разрядка огнетушителя. Для каждого огнетушителя и ответвления трубопроводов эта величина будет иметь индивидуальное значение, в том числе из-за различной геометрии трубопроводной трассы, количества отверстий на распылительных коллекторах и, как следствие, разного противодавления на концах трубопроводных участков.

Вместе с тем, на огневых испытаниях может быть произведён демонтаж участков трассы для имитации их повреждения, что приведёт к изменению величины времени разрядки огнетушителей, которое также может быть достоверно определено. Как итог, для каждого повреждённого участка будет найдена величина времени разрядки очереди пожаротушения, а для каждого огнетушителя определён массив данных времени штатной и нештатной (в случае повреждения) разрядки по своей трубопроводной линии в каждый пожароопасный отсек.

Этот же результат может быть достигнут численным моделированием динамики истечения ОГВ из огнетушителя [3]. Однако, погрешность вычисления времени при таком подходе достаточно велика, поэтому в-первую очередь стоит использовать результаты огневых испытаний, проведение которых к тому же обязательно при разработке изделий АТ.

Массивы данных о времени разрядки огнетушителей хранятся в памяти блоков СПЗ. В процессе эксплуатации ЛА в случае возникновения пожара и автоматического срабатывания первой очереди пожаротушения, блок СПЗ рассчитывает величину времени с момента поступления команды о подрыве пиропатрона (начало разрядки) и поступления команды от сигнализатора о достижении в баллоне давления минимального значения (конец разрядки).

Далее алгоритм анализирует время опустошения баллонов. При отклонении времени больше чем на  $\Delta t$  секунд от значения, характерного для штатной работы, выдаётся сигнал о возможном повреждении трубопроводов СПЗ с рекомендациями принятия решения о посадке или покидании самолёта, т.к. дальнейшее применения оставшихся очередей и сам процесс тушения пожара будут иметь низкую эффективность.

Также, алгоритм сравнивает вычисленное значение времени разрядки огнетушителя с данными из массива, анализируя в какой части трубопроводной линии произошло повреждение конструкции и обеспечивая возможность вывода информации о работе и отказах СПЗ в систему контроля полётного состояния ЛА.

В рамках данной работы разработана АСК СПЗ изделий АТ, позволяющая учитывать возможное повреждение трубопроводов и обеспечивающая выдачу сообщений экипажу для принятия дальнейшего решения о пилотировании ЛА.

Список используемых источников:

1. Агеев А.Г., Галанова А.П. Комбинаторно-адаптивный подход к выбору очередей пожаротушения // Сборник аннотаций конкурсных работ XIV Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» (Москва, МАИ, 21-25 ноября 2022 г.). — М.: Издательство Перо, 2022. С. 159;
2. Нормы лётной годности самолётов транспортной категории. НЛГ 25;
3. Павловский В.А., Чистов А.Л. Моделирование динамики заполнения резервуара реальным газом // Вестник СПбГУ. 2014. Сер. 10. Вып. 3. С. 46-57.

### **Реализация алгоритма топологической оптимизации для синтеза конструктивно-силовой схемы в зоне излома крыла большого удлинения**

Голубкин К.С., Добрянский В.Н.

Научный руководитель — Балунов К.А.

МАИ, Москва

В работе рассматривается подход к проектированию подкреплённых тонкостенных конструкций [1-2]. Метод основан на применении алгоритма топологической оптимизации для моделей оболочек переменной толщины. Показана задача выбора оптимальной конструктивно-силовой схемы в зоне излома крыла большого удлинения. Представлена формулировка задачи оптимизации и результаты расчётов для трёх вариантов угла стреловидности концевой части крыла с заданной нагрузкой в виде распределённого аэродинамического давления и сосредоточенных усилий в точках закрепления элементов механизации. Численное моделирование проводится с использованием моделей оболочек типа Миндлина-Рейсснера, локальная толщина которых определяется значениями дополнительной узловой переменной, вводимой в задачу топологической оптимизации. Такой метод моделирования рассмотрен в работе [3]. Решение строится в системе Comsol Multiphysics. По результатам решения задачи оптимизации с целевой функцией в виде полной энергии деформаций определяется оптимальное распределение толщин по элементам модели при заданных ограничениях на массу конструкции и высоту рёбер жёсткости, возникающих в решении. Регуляризация решения обеспечивается выбором минимального размера элементов конечно-элементной сетки. Рассмотрены варианты трактовки результатов топологической оптимизации для каждого из рассматриваемых в задаче углов стреловидности концевой части крыла. Проведены расчёты по сравнению жёсткости исходной и модифицированной конструктивно-силовой схемы. Для рассмотренных вариантов конструкций получен выигрыш по параметрам жёсткости в пределах 10-15% при повышении массы изделия на 1.5-4%, что позволяет говорить о возможности сохранения исходных жесткостных параметров конструкции (для сохранения аэродинамических параметров) при снижении её массы за счёт возможного уменьшения толщины основных несущих элементов. Показано, что применяемая методика и результаты топологической оптимизации могут быть использованы для выбора оптимальной

конфигурации силового набора подкреплённых тонкостенных конструкций, обладающих повышенной массовой эффективностью.

Список используемых источников:

1. A. Dugr e, A. Vadean, et al., Challenges of using topology optimization for the design of pressurized stiffened panels, Structural and Multidisciplinary Optimization 53 (2) (2016) 303–320.
2. M Rais-Rohani and J Lokits. Reinforcement layout and sizing optimization of composite submarine sail structures. Structural and Multidisciplinary Optimization, 34(1):75–90, 2007.
3. Чжо Йе Ко, Соляев Ю.О. Топологическая оптимизация подкреплённых панелей, нагруженных сосредоточенными силами. Труды МАИ. 2021. Выпуск № 120

### **Система автоматического регулирования радиального зазора (САУРЗ) на турбине высокого давления и влияние конструктивных параметров системы регулирования на статические характеристики**

Гончаров И.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Пугачев Ю.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время современный авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) представляет собой сложную динамическую систему. Развитие ГТД связано с постоянным поиском методов повышения эффективности рабочего процесса с целью улучшения экономичности. Одним из наиболее значимых параметров является удельный расход топлива. Рассматриваемый метод основывается на сокращении потерь, связанных с перетеканием рабочего тела в зазор между ротором и статором. В различных работах отмечено, что увеличение радиального зазора на 1% в ТВД приводит к снижению КПД двигателя примерно на 3% и перерасходу топлива на 10%. Изначально радиальный зазор зависит только от заложенных инженером-конструктором характеристик и называется монтажным зазором. Однако, снижать монтажные зазоры не представляется возможным, так как есть вероятность полного перекрытия зазора на переходных режимах двигателя, что приводит к износу лопаток и статора.

В работе представлена тепловая система регулирования радиального зазора между ротором и статором турбины высокого давления. Путём термического воздействия обдуваемым воздухом на статор приводят к его тепловым деформациям, в результате которых регулируется радиальный зазор. Система автоматического регулирования радиального зазора САУРЗ, состоит из дискового затвора, управляемого двигателем с ШИМ-управлением или шаговым двигателем, с помощью которого регулируются расход воздуха. На основании термодинамических параметров двигателя производится одномерный расчёт вторичных потоков для определения расходов и давлений. Затем в двумерной постановке определяется перемещение ротора и статора, в результате чего определяется зазор по типовому полётному циклу. По определённому зазору можно варьировать задаваемый расход с помощью САУРЗ. Было смоделировано течение воздуха в зазоре при заданных граничных условиях на различных углах открытия. Моделирование производилось путём численного трёхмерного моделирования с осреднёнными по Рейнольдсу уравнениями Навье-Стокса в программном комплексе ANSYS CFX. Также был смоделирован процесс регулирования зазора между ротором и статором на взлётном режиме двигателя в программе MAT LAB. Целью работы являлось получить расходную и моментную характеристику на дисковом затворе и характеристику регулирования зазора на ТВД.

Список используемых источников:

1. Гуревич ДР. «Расчёт и конструирование трубопроводной арматуры», 1968 г.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям, 1992 г.
3. Голубев М.Д. Газовые регуляторы давления, 1964 г.
4. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи, 1977 г.

## Сравнительный анализ вариантов звукоизоляции герметичных отсеков воздушного судна

Грибкова Е.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

В настоящее время, для достижения высокой конкурентоспособности пассажирских и административных Воздушных судов (ВС), необходимо постоянное улучшение условий полёта для пассажиров [1, 2]. Для повышения комфорта пассажиров и обеспечения требуемых условий работы членов экипажа необходимым является выполнение норм по температуре, давлению, вибрации и уровню шума в герметичных отсеках фюзеляжа [3]. Наиболее доступный метод состоит в увеличении потерь звуковой мощности на пути распространения шума с помощью звукопоглощающих материалов. Возникает необходимость оценки затраты масс для реализации выбранного варианта звукоизоляции. В большинстве случаев этот процесс непосредственно связан с разработкой новых материалов применяемых в конструкции летательного аппарата (ЛА) [4]. Целью данной работы является выбор оптимального материала, соответствующего следующим характеристикам:

- Наименьшая масса;
- Высокий коэффициент звукопоглощения;
- Низкая теплопроводность;
- Максимальный диапазон рабочих температур;
- Негорючесть;
- Способность не впитывать влагу.

В ходе работы рассмотрим отечественные и зарубежные материалы. По результатам анализа полученных данных можно сделать вывод, что ячеистые материалы, как правило, превосходят волокнистые по показателям звукоизоляции благодаря наличию в структуре большего количества закрытых пор и меньшей сквозной пористости. Показано, что повышение звукоизоляционных свойств волокнистых материалов возможно либо за счёт изменения структуры материала, либо путём повышения отражающих свойств, при добавлении более плотных и менее пористых слоёв.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6. — EDN ZGQVGN.
2. Проектирование самолёта RRJ-95NEW-100 с учётом требований по шуму в салоне / К. А. Кузнецов, В. Н. Лавров, П. А. Мошков, В. В. Рубановский // Сборник Тезисов Всероссийского аэроакустического форума, Геленджик, 20–25 сентября 2021 года. Том Выпуск 2807. Геленджик: Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского, 2021. — С. 88–89. — EDN NRUZRP.
3. Мошков, П. А. Проблемы проектирования сверхзвукового делового самолета с учетом требований по шуму в салоне / П. А. Мошков, Д. Ю. Стрелец, В. Н. Лавров // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения : тезисы 1-ой Международной научно технической конференции, Москва, 29 августа — 09 2022 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 164–166. — EDN TLAFIQ.
4. Каблов Е.Н. Ключевая проблема — материалы // Тенденции и ориентиры инновационного развития России: Сб. информационных материалов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ВИАМ, 2015. С. 458–464.

## Исследование вопросов надёжности и живучести авиационных конструкций

Гридин А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Вопрос надёжности и ресурса конструкции конкурентоспособного самолёта напрямую влияет как на безопасность при эксплуатации, так и на экономическую эффективность воздушного судна. Необходимо учитывать требования надёжности на начальных этапах проектирования [1, 2].

Требования к надёжности и безопасности, устанавливаемые нормативными документами, постоянно повышаются. Подобное повышение

требований существенно сказывается на стоимости разработки самолёта. Создание самолёта с очень высоким уровнем надёжности его систем связано с большим объёмом экспериментальных работ [3, 4].

С развитием вычислительных мощностей, используемых при проведении ОКР, увеличилась весовая отдача каркаса самолёта. Увеличение числа нагружений в час, уровня динамических нагрузок и колебаний частей конструкции создают дополнительные сложности в обеспечении необходимой статической выносливости и динамической прочности элементов каркаса. Широкое применение композиционных материалов, особенно в комбинации с традиционными, затрудняет прогнозирование развития повреждений и механику их распространения.

Совокупность вышеперечисленных факторов требует современного подхода к вопросам надёжности, эксплуатационной живучести и ресурса конструкции в целом. Необходимо пересмотреть методики и алгоритмы типовых экспериментальных исследований, определить оптимальный уровень, закладываемой при эскизном проектировании, надёжности силовых элементов планера самолёта и его систем.

Любые адаптации существующих методик должны соответствовать современным возможностям учёта возникающих при эксплуатации повреждений. Задействование технологий ведения цифрового двойника ВС, анализ получаемых результатов с применением технологий искусственного интеллекта и современных методов обработки больших объёмов данных, позволяют эффективно и своевременно решать возникающие на всех стадиях жизненного цикла самолёта вопросы надёжности летательного аппарата.

Основные способы повышения живучести конструкции:

- Применение материалов с высокими показателями трещиностойкости;
- Рациональное конструктивное членение конструкции, обеспечивающее перераспределение внутренних силовых факторов в случае повреждения;
- Применение в КСС дублирующих элементов силового набора;
- Повышение точности теоретических методов определения основных критериев надёжности.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]
2. Подход к оценке надёжности самолётных систем с использованием метода анализа логических схем / С. А. Серебрянский, Хуан Чжэн, Ю. Н. Тихтей, В. В. Кременчудский
3. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолёта / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак
4. Ширяев, А. В. Методы снижения температурного нагрева конструкции сверхзвукового самолёта / А. В. Ширяев, С. А. Серебрянский

## **К вопросу формирования режимов технического обслуживания функциональных систем воздушных судов на этапе проектирования**

Грузд А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Чинючин Ю.М.

МГТУ ГА, Москва

Вопрос формирования режимов технического обслуживания функциональных систем воздушных судов напрямую влияет как на безопасность полётов, так и на экономическую эффективность летательного аппарата при технической эксплуатации. Необходимо принять в расчёт все требования, предъявляемые к надёжности на начальных этапах проектирования и разработки самолёта [1].

Регламент технического обслуживания — это эксплуатационно-технический документ, разрабатывающийся специалистами опытно-конструкторского бюро параллельно с разработкой воздушного судна, который устанавливает режимы технического обслуживания летательного аппарата конкретного типа. Режим технического обслуживания и ремонта изделия авиационной техники — это условия выполнения технического обслуживания или ремонта авиационной техники, включающие перечень и периодичность выполнения работ.

В настоящее время разработке первоначального регламента и формированию режимов технического обслуживания воздушных судов посвящено множество исследований и нормативно-технических документов, однако комплексного документа типа MSG-3, в отечественной нормативной базе нет. Практически отсутствуют методики, инструменты прогнозирования и оценки эффективности мероприятий [2].

При разработке первоначального регламента используются обобщённые материалы по опыту эксплуатации аналогичных типов летательных аппаратов (перечень работ и периодичность их выполнения, статистика характерных отказов и повреждений по функциональным системам, интенсивность их появления и т.д.). Учитываются индивидуальные и специфические особенности разрабатываемого изделия (особенности конструкции и условия эксплуатации), а также результаты стендовых испытаний и лабораторных исследований и другие исходные данные.

Многолетней практикой доказано, что работы по совершенствованию регламента проводятся тем успешней, чем точнее отработан его первоначальный вариант. Поэтому задача разработки первоначального регламента для летательного аппарата нового типа, наиболее полно отражающего его потребности в плано-предупредительных работах, является весьма актуальной и в то же время чрезвычайно сложной.

На данном этапе требуется современный подход к вопросу формирования оптимальных режимов технического обслуживания вновь создаваемых магистральных воздушных судов российского производства типа SSJ-New и MC-21. Необходимо пересмотреть и разработать методики и алгоритмы типовых экспериментальных исследований, определить оптимальный уровень надёжности, закладываемый при проектировании силовых элементов планера самолёта и его систем [3].

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с.
2. Самуленков Ю. И. Построение имитационной математической модели системы технического обслуживания воздушных судов / Ю.И. Самуленков, Я.А. Филатова, А.Д. Грузд // Научный вестник МГТУ ГА. — М.: МГТУ ГА Том 24, № 04, 2021. — С. 36–49.
3. Подход к оценке надёжности самолётных систем с использованием метода анализа логических схем / С. А. Серебрянский, Хуан Чжэн, Ю. Н. Тихтей, В. В. Кременчуцкий // Научно-технический вестник Поволжья. — 2022. — № 8. — С. 28–31.

## **Выбор конструктивных и газодинамических параметров лабораторного стенда для регенерации заводнённых адсорберов бортовой кислорододобывающей установки БКДУ–130, применяемой в кислородной системе КС–129**

Дружинина Д.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Пугачев Ю.Н.

МАИ, Москва

По результатам статистики на самолётах МиГ–29 существует проблема падения парциального давления кислорода, поступающего от бортовой кислорододобывающей установки БКДУ–130, при полете на разных высотах. Одной из причин падения давления является «заводнение» цеолитов адсорберов. При этом для устранения этой проблемы нужно заменить заводнённые адсорберы на новые, что достаточно дорого и долго, поэтому было принято решение разработать стенд для регенерации адсорберов

В БКДУ используются специальные синтетические высокопористые вещества, называемые цеолитами или «молекулярными ситами». Эти вещества в условиях циклически изменяющегося давления способны избирательно поглощать азот и пары воды из пропускаемого через них потока воздуха. При этом процесс поглощения азота и, соответственно, концентрирование кислорода проводится при более высоком давлении, чем обратный процесс, именуемый десорбцией, когда цеолит освобождается от накопленного ранее азота и паров воды. Таким образом, для того чтобы осушить заводнённый цеолит адсорбера, необходимо под давлением подавать в адсорбер горячий сухой воздух.

Целями и задачами данного исследования являются: разработка стенда для регенерации заводнённых адсорберов; определить оптимальный режим их регенерации, для чего необходимо провести серию экспериментов, в процессе которых нужно изменять газодинамические параметры подаваемого в адсорбер воздуха; подобрать конструктивные параметры агрегатов, входящих в лабораторную установку; на основании отработки на лабораторном стенде различных режимов регенерации подобрать оптимальную конфигурацию стенда для производства серийной установки; определить ресурс адсорберов при дальнейшей эксплуатации в зависимости от количества циклов регенерации.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 2.704-2011. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем. Взамен ГОСТ 2.704-76. Переиздание: декабрь 2018 г.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. — 2-е изд., перераб. и доп. — М., Химия, 1984.
3. Краснов Д. Сжатый воздух: основы расчёта // Компрессоры и пневматика, 2014
4. Краснов Д. Системы подготовки воздуха // Компрессоры и пневматика, 2012

## **Анализ нишевого рынка пассажирской авиации**

Егоров Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шемякина Е.С.

МАИ, Москва

Ниша рынка, согласно общепринятой формулировке, определяет характеристики продукта, нацеленные на удовлетворение определенной потребности рынка. К одним из таких продуктов, определяемых потребностями рынка, относятся пассажирские самолёты.

Пассажирский самолёт — это летательный аппарат, предназначенный для перевозки полезной нагрузки, в виде пассажиров и их багажа, на определенное расстояние. Пассажирская авиация является существенной частью обеспечения транспортной доступности перевозок для населения. Ежедневно производится около 25 тысяч пассажирских авиарейсов. Если грубо предположить, что среднее количество пассажиров составляет 200 человек, то в ходе простейших математических операций, получим 5 миллионов человек ежедневно [1,2].

Пассажирские самолёты классифицируют по дальности полёта, по конструкции фюзеляжа, по видам перевозок [3]. Для оценки эффективности пассажирской авиации одним из важных критериев является пассажирооборот, отражающий объём перевозок пассажиров в пассажиро километрах [4].

Целью работы является установление наиболее востребованных видов пассажирских самолётов, как в настоящее время, так и на возможную перспективу. С этой целью проведён сбор, структурирование и анализ информации по составу пассажирской авиации ведущих производителей мира. В работе представлена классификация самолётов по дальности полёта и количеству перевозимых пассажиров, а также учитывалось текущее эксплуатационное состояние летательного аппарата.

В результате было получено сравнительное представление состояния мировой пассажирской авиации, выявлены основные недостатки в лётном парке нашей страны и сформулированы предложения по их устранению.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт ICAO [Электронный ресурс] — URL: [https://www.icao.int/annual-report-2021/Documents/ARC\\_2021\\_Air%20Transport%20Statistics\\_final\\_sched.pdf](https://www.icao.int/annual-report-2021/Documents/ARC_2021_Air%20Transport%20Statistics_final_sched.pdf)
2. Официальный сайт flightradar24 [Электронный ресурс] — URL: <https://www.flightradar24.com/data/statistics>
3. Припадчев, А. Д. Определение оптимального парка воздушных судов. М.: Издательство «Академия Естественных наук», 2009.
4. Кирова И.В., Сорокина Е.О. Анализ рынка пассажирских авиаперевозок в России (1990-2016 гг.). Журнал Science Time, 2017.

## **Обзор передовых технологий, используемых для снижения шума в окрестностях аэропортов, основанный на зарубежных рекомендациях**

Жабко Т.Н.

Научный руководитель — Жабко Т.Н.

МГТУ ГА, Москва

Жизнь людей, проживающих рядом с зоной аэропорта может быть встревожена из-за авиационного шума. За последние 50 лет множество ученых пытались найти новые технологические решения, чтобы справиться с проблемой избыточного шума в зонах аэропортов.

Считается, что уровни снижения шума на территориях аэропортов превысили все показатели вследствие инновации в авиационной отрасли.

Изменения в законодательстве, основанное на новых предписаниях ИКАО стимулирует авиационную индустрию изобретать новые методы снижения шума. В следующем докладе представлено несколько примеров решения представленной проблемы. Обзор сочетает в себе использование обтекателей нового поколения, названных «Шевроны», а также передовую конструкцию планера с акцентом на «Тихое крыло». Это не станет абсолютным решением проблемы, но однозначно станет первым шагом для воздушных судов нового поколения.

Более того, этот доклад сочетает в себе пути улучшения работы авиационной отрасли, эффективное использование территории аэропорта и ограничений по полету.

Данный доклад берет свое начало из исследований «НАСА» в сфере разработки технологий по уменьшению шума, производимого современными воздушными судами. Ученые из организации «НАСА» достигли больших успехов в этой сфере, более того, их изобретения уже используются в нынешней гражданской авиации на нескольких типах самолётов.

В заключение, доклад содержит отрывки из документации ИКАО, позволяющие оценить и отразить корректно ограничения по количеству шума в аэропортах.

## **Исследования коэффициента, учитывающего угол приложения нагрузки для расчёта проушин типа ухо–вилка**

Журавлев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.  
МАИ, Москва

В ходе проектирования узлов и агрегатов конкурентоспособного самолёта различного назначения, перед инженером-конструктором стоит задача создания силовой конструкции, отвечающей большому количеству требований, зачастую противоречивых [1].

В данной работе рассматривается подход к подбору коэффициента, учитывающего угол приложения нагрузки для расчёта на прочность проушин типа ухо–вилка, которые являются ответственными силовыми элементами, воспринимающие сосредоточенные силы и влияющими на эффективность работы присоединённых узлов и агрегатов [2].

Подбор коэффициента, учитывающего угол приложения нагрузки для проушин типа ухо–вилка под действующие на них нагрузки является одним из этапов выполнения проекторочного расчёта. Особенности данного исследования являются определение оптимальных границ диапазона на основании статических испытаний [3].

При разработке конструкции проушины нужно учитывать характер действующей нагрузки, угол её приложения, линейные размеры самой проушины, а также допуск на ремонт и производственный допуск [4]. В целях упрощения задачи визуализации и нахождения оптимальных форм и размеров проушины были сравнены различные методики решения данной задачи.

Разработанная на основе MS.Excel программа автоматизированного расчёта на прочность проушин типа ухо–вилка может применяться при проектировании и расчёте проушин.

Результаты расчётов в расчетной программе MS.Excel и SimCenter 3D показывают хорошую точность и сходимости.

Результаты расчёта в SimCenter 3D показали высокую степень сходимости с результатами статических испытаний. Расхождение составило в среднем от 2 до 5 %.

Проведён анализ полученных результатов и разработаны рекомендации к расширению диапазона коэффициента, учитывающего угол приложения нагрузки в соответствии с требованиями прочности, технологического проектирования, а также ремонтпригодности.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020.

2. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолёта / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал. — 2019. — № 12(273).

3. Журавлев, А. А. Выбор оптимальных форм и расчёт проушин типа ухо-вилка для заданной нагрузки / А. А. Журавлев, М. В. Ерофеев, С. А. Серебрянский // Авиация и космонавтика : тезисы 21ой международной конференции, Москва, 21–25 ноября 2022 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). — Москва: Издательство «Перо», 2022.

## **Анализ конструктивно-схемных решений самолёта по критерию их влияния на стоимость жизненного цикла**

Каплина Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Майсак М.В.  
МАИ, Москва

Уровень конкурентоспособности современного летательного аппарата (ЛА) зависит от его лётно-технических, массово-инерционных и габаритных характеристик [1], основными из которых являются:

- Масса целевой нагрузки (определяет назначение ЛА);
- Дальность полёта (определяет класс пассажирских ЛА);
- Высота полёта;
- Крейсерская скорость полёта;
- Взлетная масса (определяет класс транспортных ЛА);
- Расход топлива, аэродинамические характеристики и др.

Вместе с тем, большинство свойств ЛА, влияющих на его конкурентоспособность, зависят также от эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ), включающих надёжность и отказобезопасность, контролепригодность, эксплуатационную живучесть и технологичность конструкции ЛА и его систем.

В данной работе проводится анализ конструктивно-схемных решений самолёта по критерию их влияния на стоимость жизненного цикла (СЖЦ) самолёта. Обосновывается выбор оптимального (рационального) варианта конструктивно-схемного решения из перечня анализируемых для проектируемого самолёта по условию минимума массы. Выполняется предварительный анализ ЭТХ для вариантов концептуальных решений на раннем этапе проектирования при соблюдении ограничений по лётной годности (отказобезопасности) самолёта [2].

Целью работы является:

- Сформировать массив исходных данных для решения поставленной задачи;
- Определить изменения прогнозируемой СЖЦ, обусловленной рассматриваемыми конструктивными решениями и связанными с ними параметрами ЭТХ;
- Разработать интегральный критерий для оценки рассматриваемых конструктивных концепций.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкуренто-способной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.
2. Подход к оценке надёжности самолетных систем с использованием метода анализа логических схем / С. А. Серебрянский, Хуан Чжэн, Ю. Н. Тихтей, В. В. Кременчуцкий // Научно-технический вестник Поволжья. — 2022. — № 8. — С. 28-31. — EDN YBPPHP.

## **Проектирование основной стойки шасси регионального самолёта с помощью перспективного численного бессеточного метода**

Коваль С.М.

Научный руководитель — Калущкий Н.С.

МАИ, Москва

Бессеточные методы в настоящее время находят свое широкое применение в вычислительной механике. На сегодня существует целый ряд активно развивающихся численных методов расчёта напряженно-деформированного состояния конструкции. В данной работе мы будем использовать бессеточный метод для оценки НДС основной стойки шасси регионального самолёта и сравним результаты с методом конечных элементов.

Основными «проблемами» метода конечных элементов являются: построение качественной сетки может быть более трудоёмким процессом, чем непосредственно численное решение данной задачи приемлемое и искажение сеток в процессе счета при относительно больших деформациях. В бессеточном методе происходит отказ от аппроксимации решения на множестве узлов, образующих сетку в пользу использования достаточно произвольно расположенных узлов. построение качественной сетки является более трудоёмким процессом, чем непосредственно численное решение данной задачи. Исходя из этого можно определить первичную зону преимущества бессеточного метода — использование при нерегулярной геометрии деталей, а так же в случае возникновения зон большой деформации. Это лишь часть задач, которые легче решаются бессеточным методом.

Так же сюда можно включить задачи моделирования потоков жидкости, газов, распространение трещины (что трудно реализуемо в МКЭ из-за наличия границ элементов).

В этой работе будет проведён сравнительный анализ с применением ПО Abaqus (МКЭ) и ПО Midas MeshFree (бессеточный метод). Сравнение выполнялось по нескольким параметрам — компоненты нормальных напряжений и перемещения характерных точек в конструкции стойки при идентичных нагрузках и граничных условиях. Так же будет представлен вывод о целесообразности применения бессеточного метода по основным параметрам — затраченное время на подготовку модели и расчёт.

Список используемых источников:

1. Liu GR и Gu YТ 2002 Сравнение двух методов интерполяции локальных точек без сетки для структурного анализа (вычислительная механика), том 29, выпуск 2
2. Liu GR 2002 г. Бессеточные методы: выход за рамки метода конечных элементов (США: CRC Press)
3. Онате Э., Идельсон С., Зенкевич О.К. и Тейлор Р.Л. 1996 Метод конечных точек в приложениях вычислительной механики к конвективному переносу и потоку жидкости. Международный журнал численных методов в технике, том. 39 выпуск 2
4. Лукьянов А.А., Пеньков В.Б. 2007 Моделирование деформирования твердого тела с использованием бессеточных методов. Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. № 6 (56). С. 62–70.

## **Сравнительный анализ конструктивных схем малогабаритных шарико-винтовых передач электромеханических приводов летательных аппаратов**

Кожевников Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Одним из направлений современного авиастроения является внедрение электромеханических приводов (ЭМП) систем управления полётом летательных аппаратов вместо электрогидравлических. Это обусловлено более простым обслуживанием ЭМП и их лучшими массогабаритными и экономическими показателями.

При разработке ЭМП с поступательным перемещением выходного звена для обеспечения высокой надёжности привода и лучших его массогабаритных характеристик в качестве силового редуктора является перспективным применение шарико-винтовых передач (ШВП). Применение ЭМП поступательного действия обусловлено традицией компоновщиков самолетных гидравлических рулевых приводов, построенных на основе гидродвигателей поступательного действия и рычажных механизмов, преобразующих поступательное движение во вращательное движение рулевых поверхностей. ШВП ввиду массогабаритных свойств нашли широкое применение в авиакосмической технике.

В докладе рассматриваются различные конструктивные схемы малогабаритных шарико-винтовых передач ЭМП, приводится сравнение их с зарубежными аналогами, излагается методика проектирования шарико-винтовых передач, исходя из заданных технических требований, предъявляемых к приводу, даются практические рекомендации по результатам проведённых в данной работе исследований. Все рассмотренные схемы ШВП содержат: винт с профилем винтовой поверхности: треугольным, трапецидальным, полукруглым и др.; промежуточные тела качения — шарики; гайку. Различие передач заключается в конструкции гайки. Наибольшее применение нашли гайки с внутренним винтовым профилем резьбы, аналогичным профилю винта и каналом перепуска шариков из одного витка к другому, обеспечивающим движение шариков по замкнутой дорожке, т.е. их рециркуляцию.

Список используемых источников:

1. Абдулин Р. Р., Кириллов А. А., Подшибнев В. А., Самсонович С. Л. Методика проектирования шарико-винтовой передачи с сепаратором // Вестник ТулГУ. 2023.No1. С. 88-95.

2. Павлов Б.И. Шариковинтовые механизмы в приборостроении. Л.: Машиностроение, 1968. 68 с.

3. Абдуллин Р. Р., Подшибнев В. А., Самсонович С. Л. Определение коэффициента неравномерности распределения нагрузки в шарико-винтовой передаче с сепаратором. Вестник МАИ, 2020, т. 27, № 3. С. 229–240. DOI: <https://doi.org/10.34759/vst-2020-3-229-239>

### **Разработка механически подвижных подводных крыльев в рамках проекта ИВСП «Скат»**

Костиков А.К., Григорьев М.С., Иванов Д.А.

Научный руководитель — Чириков С.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Суда на подводных крыльях на сегодняшний момент развиваются и на замену старым приходят новые. Существует множество типов расположения подводных крыльев под днищем судна, но большинство из них применимы для больших судов, на малоразмерных судах установка подводных крыльев не всегда экономична и эффективна. Для уменьшения сопротивления и облегчения конструкции было разработано крыло, которое использует большую часть своей конструкции в создании подъёмной силы.

Цель работы: разработка механически подвижного крыла для индивидуального водного средства передвижения «Скат».

Задачи:

- Определение подходящего профиля крыла;
- Подбор материалов;
- Определение точек с максимальной нагрузкой в конструкции крыла;
- Разработка КСС крыла;
- Проверка полученной схемы CAE-системе ANSYS.

Выбор аэродинамического профиля

В ходе исследования аэродинамических профилей был выбран следующий профиль - высоконесущий профиль 35А, который используется в разработке ИВСП «Скат».

Данный профиль был исследован на высотах 0,1, 0,5, 1 и 1,5 метра. В ходе изучения литературы было выявлено соотношение высоты полёта и длины средней аэродинамической хорды (САХ)[2], которое обеспечивает наиболее эффективный полет экраноплана. Высота должна быть меньше либо равна половине САХ. После проведения ряда экспериментов на представленных высотах, был получен график зависимости подъёмной силы от высоты полёта. После исследований данного профиля, высотой, на которой наблюдается наибольший прирост подъёмной силы, является 0,5 м. Прирост подъёмной силы равен 45%.

Для подводной же части крыла был выбран профиль Clark-Y-5,9%, разработанный в середине 30-х годов, в NASA, для скоростных самолётов.

Данная часть крыла не создаёт подъёмной силы, а служит для возвращающего эффекта при отклонении ИВСП по крену и его самостабилизации.

Подбор материалов

В ходе исследования для ИВСП скат был подобран ряд материалов, которые могут применяться при создании различных элементов его конструкции.

Так для обшивки аппарата могут применяться стеклопластики из-за их высокой прочности, низкой теплопроводности, а также прозрачности для радиоволн, и углепластики на основе алюминия, обладающие меньшей плотностью (до  $1,6 \text{ г/см}^3$ ) и более высоким модулем упругости по сравнению со стеклопластиковыми.

Для каркаса аппарата и крыла, в частности, может быть применён дюралюминий, зарекомендовавший себя в авиационной промышленности, как раз для создания КСС для крыльев самолётов. Данный сплав обладает высокой прочностью и высокой ударной вязкостью, однако из-за низкой устойчивости к влаге для него требуется специальное защитное покрытие.

Для подводного же крыла в качестве материала был выбран кевлар. Нижняя часть крыла будет представлять собой кевларовый монолит. Кевлар примерно в пять раз прочнее стали, при этом он относительно легкий. Данные качества как раз необходимы для поставленных перед подводным крылом целей по выдерживанию прикладываемых боковых нагрузок и возвращению аппарата в положение равновесия. Очень низкие температуры не оказывают никакого влияния на него, однако он уязвим для высоких температур, а также присутствие солей и некоторых других примесей, особенно кальция, может повлиять на взаимодействие нитей из-за чего также может требоваться специальное покрытие.

Определение точек с максимальной нагрузкой и разработка КСС крыла

При исследовании модели ИВСП в CAE-системе ANSYS, можно увидеть, что наибольшая нагрузка и изгибающий момент приходятся как раз на место изгиба крыла. Соответственно, нужно подобрать такую схему, при которой у нас была бы достаточная прочность конструкции, при которой бы сохранялась её целостность. Значением максимальной нагрузки, которую должна выдержать схема, было принято значение в 3000 Н.

Выбор конструктивно-силовой схемы крыла определяется:

1) компоновкой крыла — наличием в обшивке люков для обслуживания расположенных в крыле агрегатов оборудования, наличием в крыле бака для топлива;

2) компоновкой фюзеляжа — наличием достаточных объёмов для центральной части крыла в фюзеляже;

3) требованием жёсткости.

Подводная часть крыла из-за небольшой толщины в КСС не нуждается и будет представлять собой монолитную кевларовую конструкцию. Данный материал позволит обеспечить необходимую прочность и жёсткость конструкции при сравнительно малой массе.

Проверка полученной схемы CAE-системе ANSYS

После разработки КСС крыла была произведена её проверка в системе ANSYS на изгиб и максимальный напряжения. При приложении к подводной части крыла силы равной 3000 Н были получены следующие данные:

- Максимальное напряжение: 160 Мпа;
- Максимальная упругая деформация: 0,004605;
- Максимальная деформация: 0,14069 м.

Заключение

На данный момент осуществляется дальнейшая разработка конструктивно-силовой схемы крыла, а также дальнейшее изучение материалов, которые планируется применять в конструкции ИВСП «Скат». Также будут проводиться дальнейшие исследования полученной системы в CAE-системе ANSYS.

Список используемых источников:

1. Что такое фойлборд [Электронный ресурс] // Вода-Берег-яхты, страны, путешествия, lifestyle: [сайт]. URL: <https://vodabereg.ru/lifestyle/chto-takoe-foilbord/> (дата обращения: 29.11.2022).

2. Белавин, Н. И. Экранопланы (по данным зарубежной печати). — 2-е изд. — Л. : Судостроение, 1977. — 232 с.

3. Airfoils A to Z // [Электронный ресурс]. — 2022. URL: <http://airfoiltools.com/> (дата обращения: 29.11.2022).

4. Дементьев, В. А. Методологические аспекты создания экранопланов [Текст] : учеб. пособие / В. А. Дементьев, В. В. Крапивин. — Н. Новгород : Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева, 2012. — 78 с. : ил. — Библиогр.: с. 71–78.

## **Целесообразность применения подкоса крыла на легком многоцелевом самолете**

Кузнецов Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Грузовые и пассажирские перевозки, сельское хозяйство, здравоохранение, лесное хозяйство, метеослужба, геодезия, строительные и промышленные предприятия по всему миру используют легкие самолёты. Для данных видов работ используются самолёты разных весовых категорий, базовой и самой массовой является категория с полным взлетным весом 2000–2500 тонн. В данной статье будет рассмотрена актуальность, и целесообразность применения подкоса крыла для данной категории самолётов с использованием программных средств моделирования [1, 2].

Наличие подкоса крыла в конструкции самолёта имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам относится меньший вес конструкции крыла. Подкос крыла разгружает изгибающий момент крыла, уменьшая его максимальное значение. В результате уменьшается масса крыла. При этом к недостаткам относится создаваемое дополнительное лобовое сопротивление.

В результате работы рассматривались два самолёта: базовый самолёт без подкоса и самолёт с подкосом, определена разница в их массе. Следующим этапом, на базе платформы Siemens NX, построены физические модели исследуемых самолётов. С помощью программы FloEFD выполнено моделирование обтекания для определения аэродинамических характеристик. Полученные аэродинамические и массовые характеристики позволяют определить лётно-технические характеристики и искомую зависимость дальности полёта от крейсерской скорости.

Выполненные исследования позволяют определить, в каком диапазоне крейсерских скоростей и дальности полёта выгодно использовать подкос крыла, а в каком свободонесущее крыло. Полученные зависимости помогут принимать более эффективные решения на ранних этапах проектирования легких многоцелевых самолётов.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Осяев, А. Т. Формирование облика беспилотного летательного аппарата в едином информационном пространстве жизненного цикла с использованием программно-аппаратных платформ / А. Т. Осяев, С. А. Серебрянский, И. В. Куприков // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 169–171.

## **Использование топологической оптимизации при проектировании аэродинамических органов управления с учётом динамической жёсткости**

Куприянова Я.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Парафесь С.Г.

МАИ, Москва

Современные методы компьютерного моделирования позволяют создавать оптимальные с точки зрения массы и прочности конструкции при минимальных затратах времени. Однако, при проектировании органов управления беспилотных летательных аппаратов необходимо учитывать динамическое нагружение будущей конструкции. Характерным явлением динамической аэроупругости является флаттер [1].

Одним из способов исключения возникновения флаттера является смещение центра масс конструкции относительно фокуса, например, с помощью специальных грузов, что в свою

очередь негативно отражается на массе. Использование топологической оптимизации может решить задачу динамической жёсткости конструкции ещё на этапе предварительного проектирования с учётом критерия минимума массы [2].

Рассмотрены два случая проектирования силового каркаса аэродинамического руля. В первом случае решалась задача максимизации статической жёсткости с учётом требований динамической жёсткости, для чего одним из начальных условий оптимизации было определено расположение центра масс будущей конструкции. Во втором случае рассматривалась задача максимизации динамической жёсткости, где в качестве целевой функции выступали значения собственных частот колебаний конструкции для изгибной и крутильной форм колебаний, определённых с помощью частотно-модального анализа. Во всех случаях топологической оптимизации расчёт проводился с ограничением по объему.

В заключении проведён сравнительный анализ. Выявлено, что использование топологической оптимизации позволяет снизить массу конструкции без критических потерь с точки зрения статической и динамической жёсткости. Предложены возможные способы постобработки полученного каркаса с учётом технологических ограничений для дальнейшего изготовления.

Список используемых источников:

1. Новиков В. Н., Авхимович Б. М., Вейтин В. Е. Основы устройства и конструирования летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1991. 367 с.
2. Bendsoe M. P., Sigmund O. Topology Optimization: Theory, Methods and Applications. Berlin, Springer, 2003. 384 p.

## **Определение оптимального расположения двигателей вдоль размаха крыла**

Ли А.Э.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Противоречивость влияния типа, количества и места расположения двигателей на безопасность и экономичность полёта приводит к необходимости исследования данных задач на ранних этапах проектирования.

В данной статье рассматривается подход к определению оптимального положения двигателей по размаху крыла на этапе эскизного проектирования. Особенности расчёта заключаются в учете разного рода факторов: прочностных, для разных расчётных случаев, массово-инерционных и других.

В ходе компоновки конкурентоспособного летательного аппарата (ЛА), выбор места расположения двигателей определяется с учётом независимой работы силовой установки (СУ) [1]. Данные условия характерны для всех этапов жизненного цикла дозвуковых и сверхзвуковых [2, 3], ЛА различной конфигурации и массы. Газотурбинный двигатель, при компоновке летательного аппарата, позволяет рассматривать принципиально различные варианты размещения. Размещение двигателей на пилонах под крылом, широко применяется на современных самолётах.

Масса конструкции крыла зависит от максимального изгибающего момента, действующего на него, следует стремиться к его минимизации, при моделировании процесса полёта и нагружения элементов конструкции [4]. Двигатель является сосредоточенной нагрузкой и разгружает крыло в полете, поэтому логично располагать его как можно дальше от продольной оси фюзеляжа. Однако на стоянке двигатели нагружают крыло из-за чего, наоборот, нужно уменьшать расстояние между двигателями и продольной осью фюзеляжа. При этом нужно учитывать и другие факторы: отдаление двигателя от фюзеляжа способствует увеличению продольного момента инерции, что влияет на систему управления и массово-инерционный облик самолёта в целом.

Размещение двигателей вдоль размаха имеет ряд преимуществ. При этом, необходимо, определить оптимальное, с учётом ограничений, положение двигателей, которое приводило бы к снижению массы конструкции крыла и минимально влияло на динамические характеристики ЛА.

Задача решается для четырехдвигательного самолёта с известными геометрическими параметрами крыла. Поскольку масса конструкции крыла пропорциональна изгибающему моменту, в качестве критерия оценки оптимального расположения двигателей вдоль размаха принят изгибающий момент. При этом изменение положения относительно крыла будет осуществляться для крайнего двигателя при фиксированном расстоянии между соседними двигателями.

Показан подход, в результате которого можно определить оптимальное положение двигателей как с точки зрения изгибающих моментов, так и моментов инерции. Этот же метод можно использовать для обоснования или корректировки уже принятого положения двигателей на спроектированных самолётах.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с.
2. Barabanov, A. V. Substantiation of choosing rational appearance of nose of aircraft with the use of mathematical modeling / A. V. Barabanov, S. A. Serebryansky // *Aerospace Systems*. — 2021. — Vol. 4. — No 2. — P. 171-177. — DOI 10.1007/s42401-020-00079-2. — EDN SJUUGV.
3. Barabanov, A. Modeling of Product Life Cycle Stages Optimization Taking into Consideration Uncertainty of the Main Parametrical Variables / A. Barabanov, S. Serebryansky // *Proceedings of 2020 13th International Conference Management of Large-Scale System Development, MLSD2020*. — Moscow, 2020.
4. Ресулкульева, Г. Весовая модель конструкции фюзеляжа, крыла и оперения самолета на основе регрессионного анализа / Г. Ресулкульева, С. А. Серебрянский // *Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2022) : Труды Пятнадцатой международной конференции, Москва, 26–28 сентября 2022 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна*. — Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2022. — С. 918-924. — DOI 10.25728/mlsd.2022.0918. — EDN PBQTFB.

## **Топливная эффективность как важный фактор совершенства самолёта**

Лобович К.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов Ю.И.

МАИ, Москва

С учётом ускоренного темпа развития авиационной техники оценка топливной эффективности может оказаться решающим критерием, как для прогнозируемого срока службы лайнера, где в будущем ожидается появление всё более экологичных самолётов, так и для списания не полностью отработавших свой ресурс самолётов из-за все более жестких ограничений, ведущих к преждевременному моральному старению.

Чтобы охарактеризовать топливную эффективность самолётов применяют различные методы оценки, такие как определение расхода топлива на пассажиро-километр, а также по прошествию времени или расстояния.

Данные параметры позволяют сравнить аэродинамические и экономические характеристики самолётов, на основе которых можно дать оценку о конкурентоспособности разрабатываемого летательного аппарата [1].

В данной статье проводится оценка топливной эффективности ближнемагистрального пассажирского самолёта. Приводится вывод формул, описывающих выражение для топливной эффективности для силовой установки с ТРД и ТВД с замечаниями об особенностях параметров, входящих в формулы. Рассчитываются часовой расход топлива, а также количество топлива, расходуемого на один пассажиро-километр для самолётов с различными силовыми установками, даются также статистические данные по самолетам. Конечным результатом работы являются сравнительные графики топливной эффективности самолетом с ТРД и ТВД.

Топливная эффективность пассажирского самолёта представляет собой один из важных критериев совершенства проектировочных решений и технологий его производства. Анализируя статистику можно получить заключение об его надёжности, экономической целесообразности и конкурентоспособности [2, 3]. А в будущем его необходимость и рентабельность эксплуатации авиакомпаниями.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкуренто-способной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Проектирование самолётов / под ред. М.А. Погосяна. — 5-е изд., пе-реаб. и доп. Москва: Инновационное машиностроение, 2018. — 864 с. — ISBN 978-5-6040281-5-5.

3. Подход к оценке надёжности самолётных систем с использованием метода анализа логических схем / С. А. Серебрянский, Хуан Чжэн, Ю. Н. Тихтей, В. В. Кременчуцкий // Научно-технический вестник Поволжья. — 2022. — № 8. — С. 28–31.

## **Влияние применения материалов композиционных структур на весовые характеристики маневренного сверхзвукового самолёта**

Маланко Г.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) при разработке конкурентоспособной авиационной техники способствует со-зданию конструкций с заранее заданными физико-техническими характеристиками, что даёт возможность значительно повысить весовую эффективность перспективных летательных аппаратов (ЛА) [1, 2].

Композиционный материал, применяемый в конструкции сверхзвукового маневренного самолёта — предназначен для обеспечения требуемых условий прочности и жёсткости а так же условий температурного нагрева конструкции и радиолокационной заметности [3, 4].

Главным достоинством композитов перед металлическими конструкциями является меньший вес при той же заданной прочности и жёсткости.

В конструкции фюзеляжа и воздухозаборников используется материал, состоящий из стеклотекстолита, медной сетки, углепластика и ещё одного слоя стеклотекстолита. Стеклотекстолит представляет собой материал, который состоит из нескольких слоёв стеклянного волокна, пропитанного фенолформальдегидным связующим.

Лёгкость в механической обработке является отличительной особенностью композитов. Есть возможность окрашивания, покрытия плёнкой. Стеклотекстолит широко применяется в качестве электро- и теплоизоляционного материала.

На данный момент существует два основных способа производства композитных элементов конструкции: автоклавный и способ инфузионной технологии.

В случае автоклавного метода формируется своеобразный препрег: внутри — алюминиевые соты, сверху и снизу — слои углепластика, которые наносятся лазерным проектором слой за слоем.

Инфузионная технология. Главное достоинство данного метода — способность изготавливать за один технический передел довольно сложные конструкции.

Основными недостатками композиционных структур можно назвать:

1. Большая стоимость в сравнении с металлическими конструкциями (окупаемость использования достигается лишь при длительной эксплуатации)

2. Ударная прочность. В случае удара образуются микротрещины, которые приводят к расслоению материалов.

Опволоконные датчики встраивают в композит для диагностики трещин.

3. Выделение ядовитого вещества при горении углепластиков

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентно-способной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.].
2. Гавва, Л. М. Методы исследования статической прочности конструктивно-анизотропных панелей ЛА из композиционных материалов по уточнённой теории
3. Ширяев, А. В. К вопросу снижения температурного нагрева кон-струкции планера сверхзвукового самолёта / А. В. Ширяев, С. А. Серебрянский // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения
4. Ширяев, А. В. Методы снижения температурного нагрева конструк-ции сверхзвукового самолёта / А. В. Ширяев, С. А. Серебрянский // Управле-ние развитием крупномасштабных систем (MLSD/2022) : Труды Пятнадцатой международной конференции, Москва

### **Оценка конструктивно-технических решений при создании композитных агрегатов пассажирских самолётов с учётом применения автоматизированной выкладки**

Мелконян Р.В.

Научный руководитель — к.т.н. Насонов Ф.А.

МАИ, Москва

В современной авиации широко применяются полимерные композиционные материалы (ПКМ), которые позволяют создавать высокоэффективные конструкции. Возникает потребность в применении технологий автоматизированной выкладки заготовок композитных деталей. Переход от ручной к автоматизированной выкладке позволит повысить качество получаемых деталей, существенно сократить трудоёмкость их изготовления, увеличить точность и повторяемость технологического процесса выкладки (снизить брак), повысить коэффициент используемого материала и сократить себестоимость готового изделия [1 — 4]. Помимо указанных достоинств, автоматизированная выкладка заготовок позволяет реализовывать с заданной точностью создание пакетов-заготовок деталей, для которых может быть принята оптимизированная схема армирования. Так, в ряде работ проводится сравнение по различным критериям традиционных укладок и направленных волокон в слое, проводятся исследования возможности изготовления конструкций с направленной укладкой с помощью аддитивных технологий, метода автоматизированной выкладки узкой однонаправленной углеродной лентой с термопластичным или терморезактивным связующим [5 — 6]. В данной работе проводится комплексная оценка эффективности замены метода ручной выкладки на метод автоматизированной выкладки с учётом современных имеющихся и некоторых перспективных видов полуфабрикатов ПКМ для регулярной зоны панели крыла/панели стабилизатора среднемагистрального пассажирского самолёта [2]. Поставлена задача оценить не только достигаемые квоты превосходства в части весовой эффективности, коэффициентов запасов прочности конструкции, стабильности получаемой продукции (повторяемости основных свойств), но и достигаемые технико-экономические показатели (трудоёмкость изготовления, себестоимость изготовления, КИМ, доля автоматизации и пр.). Выполняются исследования по выработке общих подходов по оптимизации основных технологических параметров процесса автоматизированной выкладки.

Список используемых источников:

1. Мелконян Р.В., Насонов Ф.А. Исследование технологических параметров автоматизированных ме-тодов выкладки препрегов при производстве деталей и агрегатов из ПКМ// Сборник избранных научных докладов по итогам XLVIII Международной молодежной научной конференции «Гагарин-ские чтения», М.: МАИ, 2022, с. 53–58.
2. Барановски С. В., Михайловский К. В. Оптимизация основных геометрических характеристик силовых элементов крыла из полимерных композиционных материалов //Ученые записки ЦАГИ. 2019. Т. L, № 3, с. 87–99.

## **Подход к формированию требований для регионального пассажирского самолёта**

Моренко Р.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.  
МАИ, Москва

Региональная авиация осуществляет регулярные коммерческие авиаперевозки между отдельными регионами и в пределах регионов, обеспечивая транспортную доступность населения страны и конкурируя с железнодорожным транспортом и автомобильным транспортом.

Региональный самолёт — небольшой самолёт на 30-100 пассажиров, с характерными целевыми маршрутами от точки до точки, обычно в пределах одной страны, а также местной перевозкой грузов.

Последние годы, в России возникла необходимость в создании новых пассажирских самолётов. Особенно актуально проблема сформировалась в области региональных перевозок [1].

Необходимость возникла ввиду следующих причин:

- Средний возраст авиационного парка — 44 года;
- Использование АТ нерентабельной размерности на маршрутах сети;
- Возникшие геополитические риски.

Обслуживая всего около 8% внутреннего пассажиропотока, региональные самолёты задействованы на 40% от совокупного количества всех внутренних воздушных линий.

Ввиду большой протяженности маршрутных линий, слабо развитой инфраструктуры аэродрома, качества ВПП — данные внешние факторы накладывают ряд ограничений:

- Класс аэродрома;
- Тип двигателя;
- Ограничение по расположению крыла

Также необходимо учитывать технические и экономические факторы, связанные с малой интенсивностью пассажиропотока и низким уровнем платежеспособности населения.

В данной работе рассматривается подход к формированию облика самолёта в условиях массовых и внешних ограничений [2, 3], удовлетворяющих требованиям заданной маршрутной сети.

Ввиду специфики условий эксплуатации и назначения регионального самолёта, критерии эффективности следует задавать исходя из точного понимания области применения и задач воздушного судна данного типа.

В ходе работы определены оптимальные критерии эффективности и сформирована объёмно-массовая компоновка в условиях заданных ограничений.

В ходе исследования определены оптимальные варьируемые значения относительной массы топлива и целевой нагрузки при неизменяемой взлётной массе.

Таким образом, получен облик регионального самолёта с возможностью выполнения широкого спектра задач, связанных с изменением дальности полёта, количества и типа целевой нагрузки.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Ресулкулыева, Г. Исследование изменения массы летательного аппарата по этапам весового проектирования / Г. Ресулкулыева, С. А. Серебрянский // *Авиация и космонавтика* : — Москва: Издательство «Перо», 2021. — С. 62–63.

3. Ресулкулыева, Г. Весовая модель конструкции фюзеляжа, крыла и оперения самолёта на основе регрессионного анализа / Г. Ресулкулыева, С. А. Серебрянский // *Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2022)*: — Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2022. — С. 918-924. — DOI 10.25728/mlsd.2022.0918.

## **Моделирование системы управления передней стойки шасси самолёта**

Новичков К.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Пугачев Ю.Н.

МАИ, Москва

Шасси призвано обеспечивать устойчивость самолёта во время стоянки, передвижение самолёта по аэродрому при буксировке, рулении, разбеге перед взлётом и пробеге после посадки. Еще оно поглощает кинетическую энергию самолёта во время посадки и в случае прерванного полёта. На современных самолётах наибольшее распространение получила система шасси, называемая трехопорной, с передней опорой. Это обусловлено следующим: передняя стойка предохраняет самолёт от капотирования, позволяя колесам более эффективно оттормаживаться; также предотвращается «козление» самолёта, поскольку центр тяжести располагается перед основными колесами.

Система шасси оснащена различными системами управления, такими как система управления тормозами основных стоек шасси, система управления рулевым управлением носового колеса и система выпуска и уборки шасси.

Система поворота колес передней стойки шасси служит для обеспечения выполнения разворотов и выдерживания направления на ВПП во время взлёта и посадки, а также для сглаживания колебаний (типа «шимми») колес передней опоры. Данная система является гидромеханической и работает в одном из двух режимов: в рулежном или взлётно-посадочном. Она включает в себя механическую проводку управления рулежно-демпфирующими механизмами (РДМ), гидравлические рулевые механизмы и механическую обратную связь. При отключенной гидросистеме механизм поворота колес работает в режиме демпфирования. В этом случае колеса становятся самоориентирующимися и управление движением самолёта осуществляется раздельным торможением колес основных опор, тягой двигателей и рулями направления.

В данной работе будут рассмотрены достоинства и недостатки РДМ, типы РДМ, проанализированы схемы и конструкции, возникающие «шимми» переднего колеса; будут определены нагрузки на исполнительные механизмы РДМ; будет разработана математическая модель системы управления передней стойкой шасси дроссельным принципом регулирования.

Список используемых источников:

1. Конструкция и основы эксплуатации летательных аппаратов./ Корнеев В.М. // Конспект лекций
2. Шасси самолёта SuperJet./ Киселев Ю.В., Киселев Д.Ю.
3. Житомирский, Г.И. Конструкция самолётов: учебник для студентов авиационных специальностей вузов. / Г.И. Житомирский. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2005. — 406 с. — ISBN 5-217-03299-5.
4. Машиностроение: энциклопедия: в 40 т. Т. IV-21. Самолеты и вертолеты: в 2х кн. Кн. 2 Проектирование, конструкции и системы самолётов и вертолётов / А.М. Матвеевко [и др.]; под общей ред. А.М. Матвеевко. — М.: Машиностроение, 2004. — 752 с. — ISBN 5-217-03121-2 (Т.IV-21, кн. 2).

## **Правка двухслойного листа**

Орлов В.Г., Куприянова Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Типалин С.А.

Московский Политех, Москва

Процесс правки листового материала исправляет неточности формы, что обеспечивает требуемое качество получаемого изделия. И если для правки ленты используются многороликовые правильные машины, то для штучных заготовок целесообразно проводить правку в штампе. В случае обеспечения требуемой плоскостности листовой штучной заготовки используется правка в штампе или между параллельными плитами, что исследовано многими авторами. Однако правка биметаллического двухслойного материала

отличается от правки однородного листа. Отличия связаны с разными свойствами каждого слоя, и для устранения нежелательных искривлений часто используют силу в несколько раз большую, чем требуется для получения качественного изделия.

Нейтральная линия искривленного двухслойного материала смещается даже при незначительной деформации. Это связано в первую очередь с различными свойствами слоёв, составляющих одно целое в материале. А положение нейтральной линии важно для расчёта технологических параметров при любом виде формообразующих операций.

Проведенные авторами теоретические исследования показывают, что смещение нейтральной линии относительно разделительной границы двух слоёв, составляющих двухслойный материал, происходит в сторону более твердого слоя. Выявлена зависимость изменения положения нейтрального слоя от свойств и толщин каждого составного слоя биметалла. Теоретическое обоснование выполнено из условия, что деформация материала в точке (в том числе и на границе слоёв) равна. Принимаем, что пластическая деформация, возникающая при правке, близка к пределу текучести материала, а изменение физико-химических характеристик при перемещении с одного слоя на другой — скачкообразно.

В работе рассмотрим изменение расстояния  $a$  от нейтрального слоя до границы соединительных слоёв материала при различном соотношении твердых и мягких слоёв  $h_2/h_1$ .

В общем случае, для постоянной общей толщины материала, и изменении толщин слоёв по всей толщине, то есть  $0 < \lim (h_2/h_1) < \infty$ , график зависимости расстояния нейтральной линии  $a$  от соотношения толщин твердого и мягкого слоёв имеет вид гиперболы в декартовой системе координат, вертикальная асимптота которой проходит через начало координат, а горизонтальная равна половине толщины материала. График располагается в I и IV четвертях.

Таким образом, из графика зависимости видно, что при соотношении толщин слоёв материалов, стремящихся к  $0$  ( $h_2 \gg h_1$ ) или  $\infty$  ( $h_2 \ll h_1$ ), нейтральная линия стремится к центральному положению в материале.

В качестве примера рассмотрен двухслойный листовой материал 08кп-АМг6, общая толщина которого равна 2 мм. Нейтральная линия совпадает с разделительной границей слоёв ( $a \approx 0,1$  мм) при соотношении толщин примерно равным  $h_2/h_1 \approx 0,6$  ( $h_2 \approx 0,75$  мм,  $h_1 \approx 1,25$  мм). При толщине каждого слоя равным 1 мм ( $h_2 = h_1 = 1$  мм), нейтральная линия перемещается в твердый слой материала на величину  $a \approx 0,24$  мм.

## **Анализ и расчетная оценка применения электроприводного автономного компрессора для системы кондиционирования воздуха в концепции более электрического среднемагистрального пассажирского самолёта**

Паневин А.Ю.

МАИ, Москва

Сложившийся опыт проектирования систем кондиционирования воздуха для пассажирских самолётов предусматривает применение традиционной системы кондиционирования, для которой источником надува гермокабины является компрессор маршевой силовой установки или компрессор вспомогательной силовой установки. Основным недостаток, присущий традиционной системе кондиционирования, заключается в том, что параметры отбора жёстко связаны с режимом работы двигателя, и согласовываются с потребностями системы только на крайних режимах эксплуатации — на самых нагруженных режимах с точки зрения энергопотребления, которыми являются максимальный режим на охлаждение (стоянка самолёта на земле в очень жаркий день с полной загрузкой салона пассажирами) и обогрев (стоянка самолёта на земле в очень холодных день с частичной загрузкой салона пассажирами).

Минимизация энергопотребления ограничивается минимально возможными параметрами воздуха в точке отбора, которые ограничиваются требованиями, установленными авиационными правилами. В рассматриваемой безотборной концепции

подача воздуха с требуемой температурой, давлением и расходом обеспечивается электроприводными автономными компрессорами. Применение автономных нагнетателей исключает мероприятия по дросселированию воздуха, обеспечивая на выходе из подсистемы отбора параметры воздуха, потребные для каждого режима работы системы, что позволяет уменьшить работу, затрачиваемую на сжатие воздуха, а, следовательно, увеличить топливную эффективность самолёта.

В данной работе произведены тепловой и гидравлический расчёты системы кондиционирования среднемагистрального пассажирского самолёта для определения потребных параметров воздуха за автономным компрессором, разработана блок-схема подсистем регулирования расхода воздуха автономного компрессора и регулирования температуры с учётом параметров окружающей среды, степени загрузки летательного аппарата пассажирами, исследован возможный облик системы. Произведено сравнение системы кондиционирования с традиционным отбором воздуха от компрессора маршевой силовой установки и системы с автономным компрессором с точки зрения приращения взлетной массы самолёта.

Список используемых источников:

1. Электропривод компрессора системы кондиционирования воздуха в концепции полностью электрического самолёта / Волокитина Е.В., Власов А.И., Копчак А.Л., Малогин А.А. // Мехатронные системы, исполнительные устройства. — 2011. — №4. — с. 44–49.
2. Шустров, Ю.М. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха / Ю.М. Шустров. — Москва: Изд-во Машиностроение, 2006. — 384 с.
3. Михайлов, А.К. Компрессорные машины / А.К. Михайлов, В.П. Ворошилов. — Москва: Изд-во Энергоатомиздат, 1989. — 288 с.

## **Графо аналитический способ выбора параметров составной конструкции металл-композит планера самолёта**

Панкратьев С.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов Ю.И.

МАИ, Москва

Сегодня производство по-настоящему востребованного конкурентоспособного продукта в авиационной промышленности немислимо без проектно-конструкторских исследований [1]. Среди наиболее важных требований, предъявляемых к конструкциям современных летательных аппаратов (ЛА) можно назвать: минимальную массу, максимальную жесткость и прочность узлов, максимальный ресурс работы конструкций в условиях эксплуатации, высокую надёжность. В настоящее время главным классом материалов, удовлетворяющих всему комплексу перечисленных требований, являются алюминиевые или стальные сплавы с добавлением композиционных материалов (КМ) [2].

В данной работе рассмотрен нижний пояс составного лонжерона, работающий на растяжение. Работа является продолжением и развитием методики выбора параметров составного пояса лонжерона [3]. Принимаем, что погонная нагрузка распределена по ширине пояса лонжерона и равняется действующим нагрузкам элементов составного пояса.

Рассматривается два расчетно-проектировочных варианта конструкции:

- Вариант I (металл + КМ). Считаем, что вначале спроектирован пояс лонжерона, выполненный из металла, для которого определена высота. Затем, для повышения несущей способности, присоединяется элемент из КМ варьiruемой толщины;
- Вариант II (КМ + металл). В начале проектируется пояс лонжерона, выполненный из КМ, для которого определена высота. Затем присоединяется элемент из металла варьiruемой толщины.

Параметрами составной конструкции планера самолёта являются тип и марка материала, из которого изготовлены элементы, и толщина элемента при действии погонной нагрузки. Критерием выбора параметров является запас прочности элемента составной конструкции. При запасе прочности, равном 1, параметры принимаются как оптимальные, при запасе

прочности больше 1 — рациональные параметры создающие повышенную несущую способность элемента и пояса в целом.

В работе определены характеристики рассматриваемых металлов и КМ, приводится пример расчёта напряженно деформированное состояние (НДС) составного пояса при различных материалах и толщин добавляемого элемента. Для расчёта НДС используется метод совместных деформаций. При анализе полученных результатов были сделаны следующие выводы[5]. Запас прочности исходного элемента всегда больше единицы. Коэффициент запаса прочности добавляемого материала при некоторых толщинах получается меньше единицы, что не допустимо.

В ходе данной работе была разработана методика подбора рациональных параметров добавляемого элемента в составных конструкциях на основе графа-аналитической зависимости, которая позволяет определить оптимальные и рациональные параметры элементов составного пояса при реальных характеристиках материала и конструкции.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолёта / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.

3. Ю.И. Попов, Г.Н. Кравченко, В.В. Казанцев «Оценка несущей способности составной конструкции самолёта из металла и композита», журнал «Полет», № 3, 2020.

## **К вопросу использования интегральных композитных конструкций в планере самолёта**

Пашков В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов Ю.И.

МАИ, ПАО «Ил», Москва

Развитие цифровых технологий и технологий производства приводит к тому, что в авиации сокращается удельный вес металлических изделий и растет объем конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [1]. Основными преимуществами конструкций из таких материалов являются повышенная долговечность, усталостная прочность, высокие показатели сопротивления усталости, стойкости к вибро- и акустическим нагрузкам. Обладают высокой коррозионной стойкостью и эксплуатационной живучестью и технологичностью [2]. Использование материалов с более высокими удельными механическими свойствами серьезно влияет на весовое совершенство конструкции и стоимость жизненного цикла изделий авиационной техники. В наше время степень интегральности конструкции так же важна, как удельная несущая способность. Интегральным можно назвать изделие, полученное объединением конструктивных элементов разной конфигурации и функционального назначения в цельный объект, не содержащий стыков. Понятие «интегральный», очевидно, является синонимом понятия «монолитный». Однако слово «монолитный» традиционно отождествляется с массивной конструкцией, у которой все фрагменты имеют один порядок измерения. Само понятие «степень интегральности» весьма условно, так как сейчас не существует четкой методики её оценки в количественном выражении. Вопросы, связанные с проектированием, производством и эксплуатацией подобных изделий должны решаться комплексно на основе конструктивных решений, экономических, технических и технологических возможностей, а также данных, полученных в результате прочностных расчётов [3]. В данной работе были смоделированы и рассчитаны панели из металлических материалов и из композиционных. При этом, композиционная панель выполнена в интегральном виде, то есть в виде единой детали, а не сборочной единицы. Рассмотрены технологические особенности интегральных

композитных конструкций, а также положительные и отрицательные стороны применения подобных конструкций.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.
2. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолёта / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.
3. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники : Е. В. Судов, А. Н. Петров, А. В. Петров [и др.] — Москва : «Эдитус», 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-00058-821-5.

### **Варианты тепловых расчётов, определение нагрузки на СКВ и анализ структурных схем современных пассажирских самолётов**

Пронин Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гришина Л.А.

МАИ, Москва

Целью данной работы является изучение различных вариантов тепловых расчётов гермокабин современных пассажирских самолётов и анализ их влияния на определение потребной мощности СКВ, а также на структурную схему системы.

Одной из главных задач производителей современных гражданских летательных аппаратов является повышение их конкурентоспособности, а именно снижение энергетических затрат во время совершения полёта, то есть повышения их энергетической и экономической эффективности. В условиях жесткой конкуренции авиапроизводители прибегают к различным техническим решениям по созданию новых структурных схем систем кондиционирования воздуха (СКВ), которые, в основном, базируются на определении потребной мощности СКВ и направлены на снижение её влияния на энергетическую эффективность самолёта.

Немало важным фактором проектирования оптимальной СКВ являются тепловые расчёты гермокабины воздушного судна. В настоящее время существуют несколько вариантов подхода к определению тепловых нагрузок для СКВ. Каждая из них представляет собой некоторую совокупность теплотехнических принципов, которые напрямую влияют на геометрические и весовые характеристики как всей СКВ ЛА, так и самолёта в целом. В данной статье рассматривается предварительный расчёт тепловых нагрузок в 3 вариантах на примере самолёта Боинг 787.

Первый вариант представляет собой классический вариант. Этот метод расчёта основывается на задании наружной температуры воздуха, коэффициента теплоотдачи и введении некоторых допущений. В данном случае не учитывается естественный нагрев стенки фюзеляжа, а также естественная конвекцию, возникающая в результате нагрева стенки в окружающую среду.

Второй вариант основывается на способах расчёта иностранных компании. В данном случае принимается во внимание нагрев стенки фюзеляжа, а также естественная конвекция. Данные по температуре стенки ВС получаются из решения уравнения теплового баланса путём последовательных приближений.

Третий вариант, также, как и второй вариант, применяет способ последовательных приближений для поиска температуры стенки. Однако не учитывает её естественную конвекцию и задает внешний коэффициент теплоотдачи на основе экспериментальных данных.

Все три варианта имеют одинаковых расчёт остальных тепловых потоков таких как: тепловая нагрузка от пассажиров, бортового оборудования, остекления и др. Стоит отметить, что именно стенка существенно влияет на конечное значение полной нагрузки на СКВ. В качестве исходных данных расчёта был выбран жаркий день в +50 ° и с полной разгрузкой пассажирами (242 человека), полным составом экипажа ЛА (2 лётчика и 8 бортпроводников). Результаты данных расчётов показали, потока от стенки фюзеляжа, идет значительное увеличение тепловой нагрузки на СКВ на 90 и 50% соответственно.

Результаты анализа методик теплового расчёта показали, что при проектировании СКВ с использованием вариантов 2 и 3 основные агрегаты СКВ будут иметь большие габаритные размеры и приведут к увеличению общей массы системы, таким образом, выбор методики теплового расчёта влияет на поиск новых структурных схем СКВ.

Список используемых источников:

1. Воронин Г.И., Верба М.И. «Кондиционирование воздуха на летательных аппаратах», Московская типография №26 1965 г.;
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. «Теплопередача», издательство «Энергия», 1975г.;
3. Шустров Ю.М. «Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха», Москва «Машиностроение» 2006 г.;

## **Возможности применения транспортного самолёта грузоподъемностью до 10 тонн для пожаротушения**

Решетняк Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Майсак М.В.

МАИ, Москва

Применение авиации при пожаротушении обусловлено оперативностью способа в условиях труднодоступной местности. Сброс жидкости на очаг возгорания или с целью создания заградительной полосы позволяет выиграть время для доставки наземных средств пожаротушения или сброса десанта. Ввиду высокой стоимости авиационного пожаротушения применимость способа ограничена ситуациями, в рамках которых сумма ущерба превышает затраты [1, 2]. К ситуациям, в рамках которых разумно использование такого дорогого, но оперативного средства, можно отнести: пожары на территории заповедников, вблизи населенных пунктов и важных промышленных объектов, а также автомобильных и железных дорог.

В данной работе анализируется применимость регионального самолёта пожаротушения: рассматриваются случаи, при которых использование самолёта с меньшей целевой нагрузкой более эффективно, чем использование тяжелого самолёта или вертолётов.

Цели работы:

- Формирование массива данных по распространению пожаров весной-летом 2020 года в отдаленных районах в Сибири и на Дальнем Востоке. В качестве источника данных может быть использовано соответствующее исследование Greenpeace [3];
- Определение расположения аэродромов и их размеров в рассматриваемых регионах и определение плеча доставки жидкости пожаротушения, определение возможностей по использованию в данном случае самолётов Бе-200 или Бе-12;
- Определение случаев, при которых выгодно использовать региональный самолёт пожаротушения. К таким случаям относится: наличие аэродрома класса Г на небольшом удалении от пожара в районе указанных выше объектов инфраструктуры в труднодоступных; наличие аэродрома класса В или Г на удалении от пожара до 150 км в труднодоступных районах для наземных средств при отсутствии мест для посадки и дозаправки самолётов-амфибий; некоторые другие случаи.

Список используемых источников:

1. Вертолеты. Средства и способы пожаротушения. URL: <http://www.airwar.ru/other/article/vertpogar.html> (дата обращения 22.05.2022).

2. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

3. Пожары на природных территориях России в 2020 году. URL: [https://maps.greenpeace.org/maps/gpru/fires\\_2020/](https://maps.greenpeace.org/maps/gpru/fires_2020/) (дата обращения 4.05.2022).

## **Современные перспективные методы проектирования авиационной техники**

Тарабрин А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Столяров Д.В.

МАИ, Москва

Технологии изготовления авиационных агрегатов развиваются и совершенствуются. Развитие технологий меняет облик конструкций, и, как следствие, подход к конструированию. В данной работе рассмотрим несколько перспективных методов проектирования.

Первым можно назвать метод адаптации к существующим конструкциям. В этом методе технология используется для реализации потребности в объединении нескольких деталей в одну, более сложную. Так же, возможно применение технологии для наращивания потребных габаритов заготовок для фрезерования. В обоих случаях облик конструкции не меняется радикально и достижим методами ЭЛС (электронно-лучевой сварки). Единственное преимущество перед ЭЛС — высокая точность, так как детали не требуют последующей термообработки, как в случае с ЭЛС. Разумеется, конкурентоспособность с ЭЛС аддитивных технологий достижима при достаточных габаритах камеры для 3Д печати. Метод проектирования таких агрегатов и деталей схож с проектированием сварных конструкций с использованием традиционных проектировочных расчётов в стеночных конструкциях подкреплённых ребрами.

Методы топологической оптимизация двух видов: оптимизация формы детали; оптимизация КСС агрегата. Первый метод — машинная генерация формы конструкции, которая оптимальна по прочности, жёсткости и весу. Стоит подчеркнуть, что сгенерированная форма содержит только необходимый материал, простыми словами — важность в каждого элемента в работе такой конструкции одинакова. Чаще всего ассоциируется с аддитивными технологиями, так как во всей полноте реализует возможности 3Д принтеров воспроизводить сложную форму деталей и агрегатов. Дело в том, что традиционные технологии уже сформировали облик конструкций — форма их сложна, но привычна и изучена. Теперь же для того, чтобы реализовать новые возможности технологии конструктору необходимо изобрести сложную форму, от которой он был отгорожен технологическими ограничениями. Таким образом машина подсказывает человеку оптимальную форму и этот метод возможно реализовать на двух уровнях: оптимизировать форму детали и оптимизировать КСС агрегата. Оптимизация КСС приводит как правило к созданию лучевых схем.

Метод топологической оптимизации КСС агрегата. Топологическая оптимизация КСС дает утвердительный ответ на этот вопрос. Исходными данными для такой оптимизации служит область, ограниченная агрегатом, а результат — локальные оси жёсткости в которые необходимо «вырастить» подкрепляющий элемент. Конструктор может интерпретировать этот результат как стеночным так и стержневым вариантом конструкции. Имея внятную схему заделки агрегата, такого, как стабилизатор, интерцептор и другие элементы механизации и оперения, машина подскажет КСС — оптимальное расположение подкрепляющих элементов. Чаще всего, результат будет похож на лучевую схему: некое ветвистое дерево, которое предстоит интерпретировать в конструкции.

Метод проектирования конструкций с Поддерживающими структурами. Этот метод проектирования конструкций с поддерживающими структурами. Поддерживающие структуры выделяются здесь, так как строительная основа не представляет особой проблемы для проектирования. Это (строительная основа), как правило, замкнутый контур, или

открытый контур типа швеллера. Так, спроектированный образец лонжерона по методу поддерживающих структур содержит в себе оптимизированный короб замкнутого контура, или швеллер, однако способ передачи нагрузок на него с узлов навески и привода совершенно отличается от традиционного. Привычная стеночная структура кронштейнов, сваренных в контур, заменена на сложную сетчатую. Кроме этого, никаких рёбер, разбивающих регулярную зону на клетки здесь нет. Полотно подкреплено периодической структурой, так же сетчатого типа. Возможные варианты этих сетчатых структур можно обобщить в три группы по топологии: пространственная ферма; паутинка; скелет рыбы. Пространственная ферма — стержневая структура, подкрепляющая первичные пояса и контура стержневыми стойками с диагональными подкосами. Паутинка — топология имеет характерный признак лучевой стержневой структуры, исходящей из областей монолита с максимальными разрывными напряжениями. Скелет рыбы — топология строится на осевой структуре (хребте), исходящей из проушины, и уменьшающей площадь сечения по мере передачи нагрузки на контур. Передачи нагрузки с этой осевой структуры (хребта) на контур осуществляется через ферменные стержневые структуры. Варианты агрегатов с подобной топологией легко сконструировать, исследовать их эффективность и корректировать метод в части частоты и сечения поддерживающих структур.

Возможно, применение всех этих методов и анализ их эффективности позволит занять каждому методу свою нишу в конструкции планера самолёта. В любом случае конструкторская мысль будет меняться и приспосабливаться к новым технологиям и возможностям. Вместе с этим будут рождаться и другие методы конструирования, позволяющие достигать более эффективных технических решений.

## **Оптимизация силового набора центроплана легкого самолёта**

Тарантаева А.Р.

Научный руководитель — Герасимов А.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Современное развитие технологий позволяют создавать детали сложной геометрии с использованием аддитивных технологий. С другой стороны, развитие технологий композиционных материалов позволяют создавать сложные интегральные детали. Целью данного проекта является исследование способов оптимизации конструкции центроплана крыла самолёта типа Piper J-3, Cessna 180 или Як-12 для снижения массы самолёта и улучшения аэродинамического качества.

Оптимизация центроплана будет происходить за счёт изменения формы и расположения деталей силового каркаса, которое приводит к уменьшению количества деталей поперечного набора (нервюр) и лонжеронов. При этом будет накладываться ограничение на использование внутреннего пространства центроплана. Суть данного ограничения заключается в размещении топливного бака и системы управления. Применением такого способа оптимизации конструкции крыла можно добиться снижения веса летательного аппарата, упрощения разработки и осуществления технологического процесса изготовления центроплана крыла, уменьшения видов используемых типовых деталей (сортамента). Рассматриваемая конструкция центроплана также позволит отказаться от подкоса и понизить лобовое сопротивление самолёта. Оптимальное расположение силовых элементов позволит повысить весовую отдачу.

Несмотря на то, что производство летательных аппаратов для малой авиации чаще всего представляет собой единичное производство, актуальность предложенной темы не утрачивается. Так как легкие и сверхлегкие летательные аппараты занимают ведущее положение по широкому применению в различных отраслях промышленности и хозяйства. В нашей стране легкомоторная авиация применяется: для доставки грузов в труднодоступные районы; в сельском и лесном хозяйствах; в геологии и метеорологии; для транспортно-связных и аэрофотосъёмочных работ; медицинского обслуживания населения, на рыбном и зверобойном промыслах; в геологоразведке; для газовой и нефтедобывающей промышленности; для обслуживания газо- и нефтепроводов, линий электропередач.

Повышение аэродинамического качества особенно важно для самолётов с электроприводом поскольку они обладают малым запасом электроэнергии. Самолеты на электротяге имеют ряд неоспоримых преимуществ, которые обуславливают их широкое производство и применение в будущем, среди которых: меньшие затраты на обслуживание при эксплуатации, снижения вреда экологии за счёт снижения выбросов диоксида углерода в атмосферу, электродвигатель производит меньше шума, такому самолету требуется меньше места для старта и посадки.

Список используемых источников:

1. Эскизное проектирование легких самолётов: учеб. пособие /П. П. Вислое. — Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. — 82 с. : ил.
2. Многодисциплинарная оптимизация в концептуальном проектировании летательных аппаратов. Ч. 3: учеб. пособие / В.А. Комаров.
3. Руководство по лётной эксплуатации самолёта ЯК-12.

## **Выработка конструктивно-технических решений применения датчиков встроенного мониторинга композитных агрегатов пассажирских самолётов**

Тинчурина Д.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Насонов Ф.А.

МАИ, Москва

Благодаря высокой удельной прочности и жёсткости композиционные материалы на протяжении многих лет используются в аэрокосмической промышленности и в авиации. Они также все больше и больше используются в транспортной отрасли. Система мониторинга конструкции позволяет предотвратить разрушение композитных конструкций посредством своевременного сигнала для проведения соответствующих мероприятий (приостановка эксплуатации, предупредительный ремонт и пр.). Часто это относится к дефектам производственной и эксплуатационной природы, которые не могут быть предсказаны аналитически и недостаточно изучены с точки зрения статистики.

Опволоконные датчики на основе волоконных решеток Брэгга (ВБР) обеспечивают точные и надежные дистанционные измерения, они невосприимчивы к электромагнитным помехам. Датчики ВБР можно использовать для системного мониторинга композитной конструкции для обнаружения ударов, для оценки лётной годности самолётов и пр. [1]. Также ВБР могут использоваться в приборостроении в

качестве композитных экстензометров или тензометрических розеток. За последние пять лет был достигнут прогресс в мониторинге производственного процесса с использованием дистанционной спектроскопии поглощения волокна или

рефрактометрических методов до такой степени, что производители готовы рассматривать эти неразрушающие методы с целью повышения качества изготовления конструкций и уменьшения количества забракованных деталей.

В данной работе основное внимание будет уделено исследованию возможности мониторинга [2] зоны вблизи допускаемого дефекта с помощью системы встроенного контроля. Рассматриваются решения по внедрению волоконно-оптических датчиков в виде сборной розетки, имеющей в своем составе датчики, ориентированные в трёх направлениях армирования. Также оценивается возможность использования установки датчиков как между слоями композиционного материала, так и с помощью поверхностного монтажа.

Список используемых источников:

1. Махсидов В.В., Кашарина Л.А., Смирнов О.И., Яковлев Н.О. Построение оптоволоконной системы встроенного контроля авиационных конструкций, изготовленных с применением полимерных композиционных материалов/ Конструкции из композиционных материалов. 2019. № 1 (153). С. 65-75.
2. Тинчурина, Д. Р., Насонов Ф.А. Поиск оптимальных конструктивно-технических решений по применению датчиков встроенного контроля в композитных агрегатах перспективных гражданских самолётов // Авиация и космонавтика: тезисы 21 международной конференции, МАИ — М.: «Перо», 2022. — С. 74-75.

## **Актуальные задачи исследований допускаемых дефектов в композитных панелях и стенках при обеспечении устойчивости и прочности при закритическом состоянии при сжатии и сдвиге**

Горопылина Е.Ю.

МАИ, Москва

При производстве несущих панелей и стенок конструкций из композитных материалов могут возникать дефекты различного характера, которые не в полной мере регламентированы в современных нормативных документах. В частности, к таким дефектам относятся дефекты типа начальной погиби, которые могут влиять на фактические запасы по устойчивости и прочности при закритическом состоянии для элементов тонкостенных конструкций. Предметами исследований данной работы являются гладкие ортотропные пластины с дефектами типа начальной погиби, которые могут рассматриваться на двух уровнях: во-первых, на уровне локальных дефектов с поверхностным отслоением [1]; во-вторых, на уровне конструкций — панелей или стенок с учётом начальной погиби непосредственно для рассматриваемого элемента конструкции [2]. При анализе рассматриваемых дефектов в двух указанных случаях при производстве композитных конструкций необходимо рассматривать геометрически нелинейные задачи и определять напряженно-деформированное состояние [1-2]. Также следует отметить, что в общем случае структура поверхностного дефекта, и структура несущей стенки могут отличаться от ортотропной, а быть анизотропной или несимметричной. Отмечено, что методы решений геометрически нелинейных задач в указанных случаях совпадают. Отличия касаются в основном геометрических параметров. В данной работе наибольшее внимание уделено геометрически нелинейным задачам для несущих панелей и стенок лонжеронов с начальной погибью. В работе рассмотрены некоторые типовые дефекты типа начальной погиби и сформулированы актуальные задачи и представлены расчетные схемы для последующих параметрических исследований с позиции обеспечения устойчивости и прочности при геометрически нелинейном поведении [1-2] при сжатии и сдвиге. Отмечено, что при создании несущих панелей и стенок авиационных конструкций целесообразно проводить дополнительные расчёты основных силовых элементов с учётом начальной погиби, а также набирать статистику при производстве, формировать перечень типовых дефектов и проводить дополнительные параметрические исследования, основанные на аналитических решениях геометрически нелинейных задач.

Список используемых источников:

1. Митрофанов О.В., Шкурин М.В. Актуальные задачи при расчетах и проектировании панелей анизотропной структуры для конструкции кессона самолёта малой грузоподъёмности // Авиация и космонавтика: тезисы 21ой международной конференции, Москва, 21–25 ноября 2022 года / МАИ (НИУ). — М.: Издательство «Перо», 2022. — С. 80–81.

2. Митрофанов О.В. Проектирование несущих панелей авиационных конструкций по закритическому состоянию. — М.: Изд-во МАИ, 2020. — 160 с.

## **Исследование способов снижения шума от силовой установки в салоне пассажирского самолёта**

Харькин В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Майсак М.В.

МАИ, Москва

Проблема защиты пассажиров и членов экипажа от воздействия авиационного шума, при создании конкурентоспособного пассажирского самолёта, является весьма сложной и должна решаться путём осуществления комплекса мероприятий с учётом технических возможностей и затрат на его снижение [1].

Шум в салоне современного пассажирского самолёта обусловлен наличием большого количества различных, по своей природе, источников. Это силовая установка, которая является мощным источником акустических и механических колебаний, турбулентный

пограничный слой и другие источники, связанные с обтеканием поверхности воздушного судна, а также самолётных систем и внутреннего оборудования [2].

Шум в салоне самолёта определяется расположением двигателей относительно пассажирских салонов. При расположении силовой установки на крыле значительная часть пассажиров находится под непосредственным воздействием ближнего акустического поля источников, и поэтому в этих зонах наблюдаются наиболее высокие уровни шума.

Предпочтительнее компоновка силовой установки в хвостовой части фюзеляжа так как в этом случае зона максимальных уровней звукового давления перемещается за пределы пассажирского салона. Однако даже при такой компоновке силовой установки в салоне могут наблюдаться высокие уровни шума от вибрации двигателей. Для их снижения применяют специальную демпфирующую подвеску. Источник шума от вибрации двигателей следует отнести к разряду основных, и его необходимо принимать во внимание при компоновке силовой установки на самолете.

Среди факторов, влияющих на акустические характеристики салона, которые необходимо учитывать при компоновке самолёта, является рациональное размещение двигателей и звукоизолирующих конструкций с учётом затрат масс на их реализацию [3]. Звукоизолирующие конструкции в каждой зоне самолёта по его длине и в окружном направлении должны распределяться в соответствии с действующими на фюзеляж уровнями акустических нагрузок и существующими требованиями по нормированию шума в салоне.

Список используемых источников:

1. Братухин А.Г., Серебрянский С.А., Стрелец Д.Ю. [и др.] Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники // Москва. 2020. — С. 448.
2. Чечуля А.С. К вопросу исследования источников шума в герметичных отсеках пассажирского воздушного судна // XLVII Гагаринские чтения 2021 : — Москва. 2021. — С. 74-75.
3. Кантимиров С.А., Серебрянский С.А. Весовое проектирование летательного аппарата на цифровой платформе в едином информационном пространстве жизненного цикла изделия // Управление развитием крупномасштабных систем : — Москва. 2021. — С. 1151-1161.

## **Оценка применения локальных гидравлических систем на тяжелом транспортном самолете**

Чулков М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Волков А.А.

МАИ, Москва

Опыт разработки некоторых зарубежных транспортных самолётов показал, что использование локальных гидросистем на базе электроприводных насосных станций для энергообеспечения приводов рулевых поверхностей, расположенных в хвостовой части самолёта, может дать положительный эффект в виде снижения массы самолёта. По оценкам разработчиков, это достигается заменой трубопроводных магистралей от центроплана до хвостовой части фюзеляжа на легкие электрические кабели, заменой части традиционных гидравлических приводов на автономные рулевые агрегаты и снижением мощности централизованных гидросистем. При этом новая структура силовой системы управления полётом по-прежнему удовлетворяет сертификационным требованиям по надёжности и отказобезопасности.

Ранее на кафедре «Системы оборудования летательных аппаратов» МАИ была проведена работа по анализу массы двух вариантов систем управления тяжелого магистрального самолёта — с централизованным питанием гидроприводов и с автономными рулевыми приводами электрогидростатического и комбинированного типа (смешанная) для нескольких величин давления нагнетания. Результаты расчётов показали, что централизованная система оказалась легче, чем смешанная. Однако в этой методике расчёта

не учитывалась масса электропроводки к автономным приводам, как и увеличение мощности прочих агрегатов электросистемы вследствие дополнительной нагрузки на нее.

Таким образом, возникла потребность в уточненной математической модели, которая бы учитывала большее количество факторов, влияющих на изменение массы силовой системы управления транспортным самолётом при переходе к структуре, содержащей локальные гидросистемы. Необходимо определить, для каких потребных мощностей приводов какая из структур будет более предпочтительна с точки зрения массы.

На основе аналитических и статистических зависимостей конструктивных параметров гидравлической и электрической частей локальной гидросистемы на основе электроприводной насосной станции была построена математическая модель, позволяющая сравнить между собой по массе две структуры обеспечения энергопитанием функциональных подсистем рулевых приводов, расположенных в хвостовой части самолёта. Обе структуры имеют одинаковую кратность резервирования гидроприводов по питанию. Первая структура подразумевает подачу питания к гидроприводам от четырех централизованных гидросистем, источниками питания в которых являются насосы переменной подачи с приводом от коробки агрегатов маршевых двигателей. Во второй структуре гидроприводы руля высоты и руля направления получают питание от локальных гидросистем, расположенных в хвостовой части самолёта, при сохранении централизованных гидросистем для работы остальных потребителей гидравлической энергии. В модели учтены такие факторы, как: потери давления по длине трубопроводных магистралей, потери мощности в гидронасосе, электродвигателе и силовой электросети; изменение массы подсистемы генерирования переменного тока в системе электроснабжения самолёта и изменение массы основных насосов централизованных гидросистем при переходе к локальным гидросистемам. Применялись статистические зависимости удельной массы гидронасосов, электродвигателей, привод-генераторов переменного тока и насосных станций в целом, полученные из характеристик реализованных и серийно производимых агрегатов.

С помощью данной модели была построена зависимость изменения массы систем летательного аппарата (а именно гидравлической системы и системы электроснабжения) при переводе приводов руля высоты и руля направления на питание от локальных гидросистем для различных потребных мощностей гидроприводов. Было определено, при какой потребной мощности приводов структура энергопитания с локальными гидросистемами будет более выгодна в массовом отношении, чем централизованная.

Список используемых источников:

1. Матвеев А.М., Зверев И.И. Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. Учебник для вузов. // М.: Машиностроение. — 1982. — 296 с.
2. Петухов Б.Н. Электроснабжение летательных аппаратов. // Ленинград: ЛКВВИА им. А.Ф. Можайского. — 1960.
3. Варианты архитектур системы управления для ближне-среднемагистрального самолёта / С.Е. Постников, А.А. Трофимов, Д.И. Смагин // Инженерный журнал: наука и инновации. № 12. — 2017. DOI 10.18698/2308-6033-2017-12-1711
4. Тенденции развития современных авиационных бортовых гидросистем. / Долгушев В.Г., Ионов В.А., Кун Н.В., Матвеев А.М. // Труды МАИ. Выпуск № 95. — 2017

## **Исследование методов параметризации аэродинамического профиля беспилотного летательного аппарата на солнечной энергии**

Чэнь Лэй

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Стрелец Д.Ю.

МАИ, Москва

Преобразуя солнечную энергию на электрическую с помощью фотоэлектрических элементов, доля которой используется для крейсерского полёта днём, и другая сохранена в батарее для поддержания ночного полёта, беспилотный летательный аппарат на

солнечной энергии (БПЛАСЭ) делает прорыв, что обычные БПЛА не могут выполнять «вечный полет». Особенности таких летательных аппаратов заключаются в чистой энергии и большой продолжительности, благодаря которым БПЛАСЭ могут применены для задачи как наблюдения и разведки поверхности Земли, так для трансляции сигналов. Поэтому исследования БПЛАСЭ являются актуальными и вызывают интерес во всем мире [1, 2].

Поскольку крейсерская высота больших БПЛАСЭ превышает 10 000 метров, а скорость не велика, их летный режим находится в условиях низкого числа Рейнольдса. Наряду с этими, на БПЛАСЭ применена сверхбольшое удлинение, что может привести к относительно нише индуктивному сопротивлению. Поэтому, компоновка и аэродинамические характеристики летательных аппаратов такого типа в значительной степени определяются особенностям профиля. Особенности профиля для низкого числа Рейнольдса заключаются в небольшой относительной толщине с более плоской поверхностью. Обычно используемые аэродинамические профили для БПЛАСЭ включают в себя серию-Eppler, серию-SD и серию-Selig [3].

В качестве объекта, в процессе оптимизации, рассматривается аэродинамический профиль, который параметризован небольшим количеством простых параметров. В настоящее время широко используемые методы параметрического описания аэродинамического профиля включают в себя следующие: метод характеристических параметров (метод PARSEC), метод возмущения функции формы (метод Хикса-Хинна) и метод преобразования функции Class-Shape (метод CST).

В данной работе используются выше указанные три метода для параметризации аэродинамических профилей, которые применены на БПЛАСЭ. Сравнивая точность описания и проходя аэродинамический анализ методом вихревой панели, получилась применимость указанных методов в процессе параметризации.

Список используемых источников:

1. Чэнь, Л. Анализ проблем аэроупругости БПЛА на солнечной энергии / Л. Чэнь // Гагаринские чтения — 2022 : Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVIII, Москва, 12–15 апреля 2022 года. — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 57–58. — EDN WZEUKG.
2. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6. — EDN ZGQVGN.
3. Abu D., Li K., Liu H., Xu Z., Wen D., Design of low Altitude Long Endurance Solar-Powered UAV Using Genetic Algorithm. Aerospace. 2021,228(8),8080228.

## **Разработка компоновки сверхзвукового самолёта второго поколения методом многодисциплинарной оптимизации**

Широков М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Стрелец Д.Ю.

МАИ, Москва

На сегодняшний день во всем мире ведутся попытки возрождения сверхзвуковых авиалиний и создания сверхзвуковых самолётов второго поколения (СПС-2). Это обусловлено тем, что традиционные концепции пассажирских самолётов близки к исчерпанию возможностей повышения лётно-технических, аэродинамических, весовых и пр. характеристик.

Во время эксплуатации сверхзвуковых самолётов первого поколения (СПС-1) были обнаружены следующие проблемы:

- По сравнению с дозвуковыми самолетами, СПС требуют больших затрат топлива на пассажиро-километр и, как следствие, увеличиваются эксплуатационные расходы.
- Из-за нагрева планера при сверхзвуковых скоростях полёта необходима высокая теплоустойчивость конструкции самолёта.

• В условиях ужесточения экологических требований второстепенные проблемы выдвинулись на первый план. Так, наиболее актуальными становятся проблемы снижения эмиссии, шума и звукового удара на местности.

В связи с вышеперечисленными проблемами выделены основные группы требований, связанные с проектированием СПС-2:

1. Требования безопасности авиaperезовок.
2. Требования высоких экономических эксплуатационных характеристик.
3. Требования обеспечения минимального воздействия СПС-2 на окружающую среду.

На ранних этапах проектирования авиационной техники, в условиях неопределенности, когда отсутствует полная и зачастую необходимая информация об объекте проектирования, необходимо решать множество взаимосвязанных задач. Так, например, на ранних стадиях проектирования необходимо комплексно решать задачи компоновки СПС-2. Разработка аэродинамической компоновки, формирование облика самолёта существенно влияет на аэродинамические характеристики и звуковой удар на местности. На массовые же характеристики значительно влияет конструктивно-силовая схема. Объемно-весовая компоновка совместно с аэродинамической и конструктивно-силовой отражаются на центровке, устойчивости и управляемости самолёта.

Решения, связанные с разработкой компоновки самолёта, зачастую принимаются на базе экспертных оценок, интуиции и опыта проектировщика. Широко используются эвристические методы, а также результаты упрощённых расчётов математических моделей.

И лишь на этапах проведения поверочных расчётов, после процесса разработки, активно применяются методы математического моделирования для получения достоверных данных о свойствах и характеристиках объекта проектирования. В данном подходе некоторые решения могут быть ошибочными и малоэффективными, а устранение неудачных решений на поздних стадиях проектирования требует больших дополнительных материальных и временных затрат.

Для эффективности процесса проектирования предлагается использовать метод многодисциплинарной оптимизации с применением методов: конечно-элементного и численно-аэродинамического моделирования на этапах предварительного и эскизного проектирования. Многодисциплинарная оптимизация является мощной методологией проектирования сложных комплексных объектов с учётом связей между различными дисциплинами, при возможности разработчика значительно влиять на характеристики проектируемой системы с точки зрения каждой дисциплины. Применение модели тела переменной плотности, а также использование коэффициента силового фактора для выполнения весовой оценки объекта проектирования позволит проводить процесс многодисциплинарной оптимизации ещё на ранних этапах проектирования СПС-2. Также появится возможность применять многодисциплинарную оптимизацию на моделях равного уровня точности: численной аэродинамической модели для получения аэродинамических характеристик и конечной элементной модели переменной плотности для получения массовых характеристик. Структурную оптимизацию силовой конструкции целесообразно выполнить с применением математической модели тела переменной плотности. Потенциально внутри ограниченного геометрического объёма континуальная модель может содержать все возможные силовые схемы конструкции. Тогда задача структурной оптимизации заключается в поиске закона распределения плотности внутри геометрического пространства, конструкция которого обладала бы минимальной массой при удовлетворении требований прочности.

Результатом работы должен быть разработанный метод многодисциплинарной оптимизации компоновки сверхзвукового самолёта второго поколения. При этом предполагается, что данный метод будет полезен при разработке СПС-2 на этапах предварительного и эскизного проектирования.

## **Использование функциональных модулей в конструкции воздушного судна** Шубин В.А.

Научный руководитель — доцент, Серебрянский С.А.  
МАИ, Москва

Проектирование современных изделий авиационной техники (АТ) неразрывно связано с определением структуры соответствующего изделия. По причине усложнения иерархической структуры сборочных единиц и деталей, а также с целью возможности управления этой структурой и её изменения [1], в ходе проектирования выделилось отдельное направление — управление конфигурацией изделия.

Согласно ГОСТ 58054-2018 «конфигурация изделия — структурированная совокупность функциональных, физических и эксплуатационных характеристик предполагаемого к разработке, разрабатываемого или существующего изделия, описываемая в зависимости от контекста и стадии его жизненного цикла» [2, 3]. Главная цель управления конфигурацией — наиболее точная реализация требований потребителя в характеристиках воздушного судна. Благодаря этому происходит сокращение издержек на доработки и изменения на стадии производства, а также эффективное управление изменениями и доработками в конструкции воздушного судна [4].

Но, усложнение техники и введение новой, ещё не до конца отработанной, методологии проектирования привело к повышению трудоёмкости работ, что в свою очередь стало причиной увеличения сроков и стоимости производства единицы авиационной техники.

Одним из возможных вариантов решения данной проблемы является снижение вариативности конфигураций. Данное решение позволит увеличить показатели унификации, что положительно скажется на технологичности и ремонтпригодности изделия, а также сократит время обработки данных в PDM и CAD системах.

Данный подход позволит привести процесс производства АТ различного назначения к единому образцу путём замены соответствующего функционального модуля, переоборудовав типовую конструкцию в пассажирский вариант, грузовой или специальный с минимальными временными, материальными и трудовыми затратами.

Ряд данных преимуществ позволит ускорить выпуск изделия АТ, а также снизить стоимость как проектирования, так и производства, что может положительно сказаться на рыночных показателях авиационной компании.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.].
2. Серебрянский, С. А. К вопросу оптимизации этапов жизненного цикла изделия / С. А. Серебрянский, А. В. Барабанов
3. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сертификации
4. Серебрянский, С. А. Некоторые подходы по управлению конфигурацией беспилотных авиационных систем на этапах жизненного цикла / С. А. Серебрянский, К. Г. Настас

## **Аддитивные технологии при проектировании элементов конструкции планера самолёта**

Юрочкин А.Д.  
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов Ю.И.  
МАИ, Москва

Аддитивные технологии — процесс объединения материала с целью создания объекта из данных — модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий.

3D-технологии ведут свою историю с 1986 года, когда запатентовала первая коммерческая стереолитографическая машина (SLA), разработанная в компании 3D Systems. До середины 1990-х основной сферой их применения были НИОКР для оборонной

промышленности. Когда началось производство лазерных 3D-принтеров, они стоили чрезвычайно дорого, к тому же существовало мало модельных материалов. С развитием систем автоматизированного проектирования (САПР) достигнут невероятный прогресс и в технологиях 3D-печати, и сегодня практически нет такой сферы материального производства, где бы активно не использовались аддитивные машины [1, 2].

В последние три десятилетия произошло становление и активно развиваются технологии быстрого прототипирования (Rapid Prototyping), ещё известные как «Твердотельное производство» (Solid Freeform Fabrication), «Настольное производство» (Desktop Manufacturing) или «Послойные ад-дитивные технологии (АТ)» (Layer Additive Manufacturing Technologies). Последнее определение (послойное) аддитивного производства (АП) наиболее полно отражает смысл процесса.

Модели создаются путём наслаивания вещества, и при малой толщине слоя они очень близки к своему прототипу. Обычно толщина слоёв в АП  $\sim 0,1$  мм, и этого оказывается достаточно для широкого практического применения прототипов: в электронике, моделировании и производстве продуктов потребления, ювелирной промышленности, авто- и авиастроении и т.д. Во многих отраслях, например, для ряда изделий в ракетно-космической отрасли, альтернативы аддитивным технологиям уже сегодня нет [3].

В работе приводится классификация методов аддитивных технологий, подробно рассматривается технология Bed Deposition и стереолито-графия. В качестве примера рассмотрен процесс проектирования конструкции кронштейна навески руля направления.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Меркулов, А. Г. О возможности применения аддитивных технологий в производстве летательных аппаратов / А. Г. Меркулов // Гагаринские чтения — 2020 :. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — С. 976-977.

3. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф. NXAdvancedSimulation- Инженерный анализ.

## **Обеспечение эксплуатационной технологичности гидросистемы при проектировании и модернизации воздушных судов**

Самусев С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гостев А.В.

МГТУ ГА, Москва

Эксплуатационная технологичность конкурентоспособных воздушных судов формируется при их разработке и модернизации. Ключевую роль в этом процессе играют два направления: различные эксплуатационные факторы и необходимость обеспечения определённой совокупности единичных конструктивно-технологических свойств частей конструкции ВС [1].

Анализ развития и совершенствования функциональных систем ВС транспортной категории за 20 лет показывает, что облик системы управления получил наибольшее изменение. На смену гидромеханическим системам управления пришли электродистанционные и, ограниченно, электрические системы управления самолетом. Одна из современных тенденций – внедрение автономных электрогидравлических приводов [2, 3]. Отличительной особенностью таких приводов является то, что привод включает в свой состав источник гидравлической энергии в виде насоса и гидробак. Исходя из этого для такого привода централизованная гидравлическая система не требуется. Такая особенность требует пересмотра принятых технологических процессов дозаправки гидробаков в процессе

технического обслуживания, что в свою очередь формирует необходимость переосмыслить расположение и конструкцию связанных люков.

Рассматривая вопрос характеристик конструкции ВС в области адаптации такой её к ТО, стоит отметить, что такие свойства закладываются на этапах разработки и модернизации. Решения в области технического устройства, принятые на этапах, как разработки ВС, так и проектирования ВС, позволяют добиться нужных эксплуатационных свойств.

Первым направлением, обеспечивающим эксплуатационную технологичность, являются эксплуатационные факторы. Они подразделяются на: формы организации выполнения технического обслуживания, состояние производственно-технической базы, квалификация специалистов. Совокупность данных особенностей производственной деятельности устанавливает закономерности, в которых проявляются свойства конструкции. Поэтому важно уделять внимание таким особенностям и при разработке, и при модернизации ЛА [4].

Вторым направлением, обеспечивающим эксплуатационную технологичность, являются конструктивно-производственные факторы. К ним относятся: доступность, легкосъемность, контролепригодность, взаимозаменяемость, преемственность средств наземного обслуживания и контрольно-измерительной аппаратуры, унификация функциональных систем и агрегатов. Такие закономерности определяют фундаментальные особенности самой структуры ВС, поэтому их необходимо учитывать при разработке и модернизации ВС.

Исходя из этого, обеспечение эксплуатационной технологичности ВС с автономными электрогидравлическими приводами является актуальной задачей.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Киселев, М. А. Функциональные системы воздушных судов : Учебник / М. А. Киселев, Ю. В. Петров. — Москва : ИД Академиздат, 2021. — 304 с.

3. Трофимчук, М. В. Формирование технического облика самолетных силовых систем

оперативно-тактического истребителя / М. В. Трофимчук, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. — 2018. — № 6. — С. 25-32.

## **Секция №1.3 Математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия**

---

### **Методика прогнозирования предотказного состояния маслосистемы газотурбинного двигателя**

Андрютин Н.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Далецкий С.В.

АО «ММП им. В.В. Чернышева», Москва

В данной работе представлена методика позволяющая проводить анализ технического состояния агрегатов маслосистемы газотурбинного с инструментами математического анализа. Данный метод позволяет ответить на вопрос, через какую наработку и по какому параметру маслосистема двигателя достигнет своего предотказного состояния, что в свою очередь позволит своевременно провести диагностику, и избежать потенциальных отказов. Данный метод основан анализе и прогнозировании числовых значений параметров, непосредственно влияющих на эффективность работы маслосистемы таких как: температура, давление и расход масла в основных агрегатах масляной системы.

Также в данной работе будет проведена характеристика модели управления режимами диагностирования газотурбинного двигателя и замена отказавших изделий маслосистемы, после чего определена связь между периодами проведения проверок и упреждающим допуском на определённый параметр.

В заключительной части работы будут приведены рекомендации для эксплуатанта по управлению процессами технической эксплуатации газотурбинного, в которых будет выбрана модель эксплуатации с оптимальным количеством диагностик, при которой будут исключены завышенные затраты на проведение лишних диагностик маслосистемы, исключая негативное влияние на безопасность полёта.

Выводом данной работы будет оценка показателей эффективности процесса технической эксплуатации маслосистемы газотурбинного двигателя и расчёт коэффициента использования и коэффициента удельных простоев вследствие неисправности маслосистемы.

Публикация подготовлена в рамках использования для прогнозирования работоспособности маслосистемы газотурбинного двигателя на АО «ММП им. В.В. Чернышева» для предотвращения потенциальных дефектов основных агрегатов масло системы газотурбинного двигателя перед их проявлением.

Список используемых источников:

1. Ицкович А.А. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ Учебное пособие. –М.: МГТУ ГА, 2019.

2. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентноспособной авиационной техники / А.Г. Братухин, С.А. Серебрянский Д.Ю. Стрелец [и др.]. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020 — 448с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

3. Ицкович А.А. Надежность летательных аппаратов и двигателей. Части 1 и 2. Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1995.

### **Математическое моделирование дефектов ПКМ, обнаруженных методом шерографии**

Дубинец А.О.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Шрамко К.К.

МАИ, Москва

В последнее десятилетие происходит активное применение шерографии для оценки состояния элементов авиационных конструкций и её использование как метод неразрушающего контроля. Среди различных методов НК шерография — это

интерферометрический способ для бесконтактного измерения повреждений в поле первой производной деформации поверхности, которая является информацией о деформации. Шерография выявляет несплошности материала или конструкции в объекте путём выявления аномалий, вызванных дефектом, посредством отображения концентрации деформации. Технологические дефекты, такие как трещины, расслоение, инородное включение, растрескивание в авиационных и космических элементах конструкции играют главную роль для оценки долговечности элемента конструкции, при этом их детектирование оказывается проблематичным. Для данной задачи метод шерографии предпочтителен, так как он даёт быструю оценку конструкции в полевых условиях для дальнейшего исследования дефектных зон.

В работе будет представлен сравнительный анализ результатов неразрушающего контроля на основе деформационного отклика конструкций с дефектами, проведённых с помощью метода шерографии, с моделированием аналогичной конструкцией в МКЭ. В качестве входных данных используются полученные из эксперимента шерограммы, снятые разными повреждениями в образце, характеристики и время воздействия на конструкцию. На основе этих данных создается модель композитного ламината с внедренным искусственным дефектом, и рассчитываются поля деформации. Для моделирования выбран программный комплекс ABAQUS. Предполагается, что существует связь между размером и глубиной залегания дефекта и деформационным откликом конструкции в зависимости от прикладываемого возмущения и толщины конструкции. Также для проверки соответствия результатов будут сравниваться значения фазового сдвига полученных в эксперименте и в модели, а также его влияние на выявление повреждения.

По итогу анализа работы можно сделать вывод о том, что полученная модель по деформационному отклику сходится с результатами НК на шерографе, что в свою очередь поможет дополнить базу дефектов в конструкции ЛА. Дальнейшим путём изучения будет реализация программного комплекса для автоматического определения дефекта в конструкции с помощью созданной базы дефектов.

Список используемых источников:

1. Y. Lianxiang, L. Junrui, Handbook of Advanced Nondestructive Evaluation // Springer Nature Switzerland AG 2019 N. Ida, N. Meyendorf (eds).
2. N. Tao, A. G. Anisimov, R. M. Groves, FEM-assisted shearography with spatially modulated heating for non-destructive testing of thick composites with deep defects // 0263-8223/2022 The Author(s). Published by Elsevier Ltd.
3. Бобко Ю.А., Синчугов И.С., Применение метода шерографии для дефектоскопии изделий из композитных материалов // Журнал «В мире неразрушающего контроля», том 19 № 4, 2015, DOI 10.12737/23494.
4. Разумовский И. А. Интерференционно-оптические методы механики деформируемого твердого тела. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 240 с.

### **Имитационное моделирование расчёта потребностей комплектующих изделий как инструмент совершенствования работы производителя для обеспечения авиационной отрасли**

Жульева А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Денискина А.Р.

МАИ, Москва

Совершенствование методов управления процессом производства наукоемкой продукции в условиях современной экономики, несомненно, базируется на повышении эффективности систем управления, а также широком использовании современных цифровых платформ и автоматизированных информационных систем для анализа принимаемых решений и прогнозирования будущих потребностей производства [1].

Одним из наиболее важных и сложных направлений в общей системе менеджмента предприятия является оперативное управление производством. При этом оперативный план

представляет собой компромисс в достижении четырех основных целей производства: планирования и своевременного выполнения заказов, минимизации затрат, обеспечения непрерывности производства и равномерной загрузки оборудования [2].

Научно-технический прогресс последних лет продемонстрировал возрастающую эффективность использования имитационных моделей. На данный момент известно, что около 70% среди инструментов исследования занимают именно методы ИМ. Планирование производства для одновременного достижения всех вышеперечисленных целей является задачей высокого уровня сложности, решить которую возможно только с помощью построения имитационной модели, позволяющей рассмотреть взаимодействие множества факторов и его результат, прежде чем вносить какие-либо изменения в производственный процесс.

Несомненными преимуществами такой модели являются возможность визуализации, с помощью которой аналитики и инженеры, могут сделать вывод о работе системы, понимание динамики, которую легко наблюдать с помощью моделирования, повышенная точность — в отличие от аналитической модели, имитационная отображает гораздо большее количество деталей, а прогнозы, сделанные на её основе более определенные, а также возможность с её помощью оценить неопределенность во времени и результатах операций и найти наиболее надежные решения [3].

В данной работе рассматривается эффективность применения имитационного моделирования при расчёте потребностей в комплектующих предприятия авиационной отрасли, а также возможность применения ИМ при анализе поставщиков.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография/ Под ред. М.А. Погосяна. — М.: Изд-во МАИ, 2020. — 448 с.: ил. — ISBN 978-5-4316-0694-6

2. Оценка адекватности имитационной модели расходования запаса агрегатов для эксплуатации воздушных судов в составе авиационного полка / И. Н. Чепко, Д. В. Богомолов, С. А. Серебрянский [и др.] // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2019. — № 7(91). — С. 9. — DOI 10.18698/2308-6033-2019-7-1900.

3. Рациональное распределение заказов на материальные ресурсы при планировании поставок в системе эксплуатации авиационной техники военного назначения / В. В. Короленко, Н. М. Лазников, С. А. Серебрянский // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности : Международная научно-практическая конференция, Казань, Том III. — К.: Издательство КГТУ, 2014. — С. 605-608.

## **Методика создания simulink модели топливной системы самолёта**

Отекин Р.С.

Научный руководитель — Федоркевич И.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В настоящее время ни одну стадию жизненного цикла воздушного судна невозможно осуществить без применения компьютерных технологий. Каждый элемент, узел, агрегат в целом переводится в математическую, графическую, экспериментальную модель. В совокупности вышеперечисленного, образуются системы, согласованная работа которых обеспечивает возможность проведения эксперимента и его наглядной визуализации без финансовых затрат. Одной из основных групп, состоящей из множества взаимосвязанных устройств является топливная система. Её функционирование обеспечивает размещение топлива на борту ЛА, подачи топлива к насосам двигателей на всех режимах его работы и выполнения ряда вспомогательных функций

Целью работы является проектирование модели топливной системы самолёта с помощью программного комплекса Matlab& Simulink. Данная среда позволяет учитывать многочисленные процессы, возникающие в реальной эксплуатации, графически отобразить полученные результаты в виде интуитивно понятных функциональных модулей.

Программная реализация позволяет:

- формировать характеристики подачи топлива к силовой установке;
- исследовать влияние изменения пространственных эволюций ЛА на производительность насосов, наглядно демонстрировать работу вспомогательных элементов при воздействии отрицательных перегрузок;
- оценивать кавитационную устойчивость каждого участка контура, влияние наличие растворенной воды на регламентированные параметры, поведение системы на запредельных режимах полёта,
- учитывать появление боевых и эксплуатационных повреждений, возможного засорения топливных фильтров, отказа предохранительных клапанов на фильтрах;
- совмещать данную модель с алгоритмами расчёта уравнений динамики движения воздушного судна, определения параметров центровки;
- эмулировать работу автоматики перекачки топлива, аварийного сброса топлива и возникновение утечки в случае боевого повреждения или разгерметизации;
- снизить стоимость проведения испытаний и воспроизводить работу системы для исследования авиакатастроф.

Представленная модель топливной системы может быть использована для наглядной демонстрации в образовательных учреждениях, организации лабораторных работ и практических занятий для всех типов летательных аппаратов использующих расходный бак или раздельную подачу топлива на каждый двигатель

Список используемых источников:

1. Житомирский Г.И. Конструкция самолётов // Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. 1995

### **Технология создания математических моделей контролепригодности бортового оборудования перспективного летательного аппарата на базе цифровых двойников**

Паневина А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Преображенский Л.А.

ФАУ ГосНИИАС, Москва

В настоящее время бортовое оборудование настолько усложнилось, что и разработчику ПО бортовых систем контроля и регистрации полетной информации, и проверяющему трудно избежать ошибок на всех этапах жизненного цикла системы — при проектировании, сертификации и эксплуатации [1]. С ростом числа регистрируемых параметров растет количество алгоритмов контроля, но снижается наблюдаемость отказов объекта контроля.

Разработчики бортовых систем не всегда имеют возможность создать математическую модель проектируемой бортовой системы, что приводит к снижению наблюдаемости системы и появлению ошибок на ранних стадиях проектирования. Также у разработчиков отдельных бортовых систем зачастую отсутствует возможность скомплексировать модели между собой для отработки алгоритмов моделирования.

За неимением разработчиками бортовых систем возможности создать такую математическую модель, скомплексированные математические модели контролепригодности бортового оборудования могут создаваться разработчиками ПО бортовых систем контроля и регистрации полетной информации. Для создания математических моделей контролепригодности бортового оборудования необходимо получение от разработчиков полной, непротиворечивой, машиночитаемой проектной документации согласованного формата, т.е. должна быть разработана среда ввода и редактирования проектной документации в машиночитаемом виде. Проектная документация должна быть формализована согласно международным стандартам. Представление проектной документации в машиночитаемом виде является цифровым двойником системы контроля и регистрации полетной информации [1].

Цифровой двойник системы существует на протяжении всего жизненного цикла системы и позволяет автоматизировать процесс моделирования, результаты которого могут быть применены для отработки алгоритмического обеспечения и для сертификации системы.

Предлагается на базе созданного ЦД системы контроля и регистрации полетной информации осуществить математическое моделирование алгоритмов контроля скомплексированных бортовых систем. Подобное математическое моделирование, проведенное на ранних этапах проектирования перспективного ЛА, позволит выявить недостатки в алгоритмах контроля и внести коррективы в их архитектуру, что повысит наблюдаемость отказов системы. Приведенная технология позволит минимизировать влияние человеческого фактора на ранних этапах проектирования системы, повысить наблюдаемость отказов бортового оборудования как на этапе раннего проектирования с возможностью доработки архитектуры алгоритмов контроля, так и на этапе эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Преображенский Л.А., Процкая Л.Г., Паневина А.В. «Направления развития наземно-бортовых систем контроля и регистрации полётной информации в интересах обеспечения безопасности полётов». Сборник докладов научно-практической конференции «Технологическое развитие авиационной техники: глобальные тенденции и национальные интересы России», НИЦ «Институт имени Н.Е.Жуковского», г. Жуковский, 2022 г.

## **Программный модуль оценки технического состояния элементов остекления кабин на этапе жизненного цикла воздушного судна**

Степанов А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Павлов П.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Метод спекл-структур оптического излучения применяется в различных сферах диагностики. На основании этого можно сделать вывод о его высокой эффективности и чувствительности [1]. В работах, опубликованных на эту тему рассматривались возможности применения данного прибора неразрушающегося контроля для определения параметров дефектов элементов остекления воздушных судов. При этом не было оценки использования предлагаемого способа для определения величины перемещения элементов остекления при создании внутри кабины избыточного давления.

Для повышения точности определения внутренних дефектов в элементах остекления кабин воздушных судов предлагается использовать способ определения дефектов с помощью анализа зарегистрированных интерференционных картин. Способ основан на анализе параметров спекл-полей, зарегистрированных в ходе создания избыточного давления внутри кабины [2].

Для реализации предлагаемого способа разработан экспериментальный образец устройства, состоящего из аппаратной и программной части. Для захвата, регистрации и обработки интерференционных картин, на языке программирования Java в среде разработки Eclipse было разработано оригинальное программное обеспечение, позволяющее по анализу изменения параметров регистрируемых интерференционных картин определять изменение свойств остекления кабины, а также вычислять расстояние, на которое перемещаются элементы остекления при создании избыточного давления внутри кабины [3].

В качестве критерия, по которому осуществляется расчёт величины перемещения элементов остекления, используется коэффициент корреляции интерференционных картин, зарегистрированных до и после создания избыточного давления внутри кабины [4].

В ходе экспериментальных исследований разработанного программного модуля установлено, что чувствительность устройства, позволяет проводить оценку целостности клеевого соединения остекления в заделке кабины на начальном этапе создания избыточного давления внутри кабины, что повышает безопасность выполнения операций и повышает оперативность дефектоскопического контроля.

Список используемых источников:

1. Владимиров А.П., Друкаренко Н.А., Каманцев И.С., Павлов П.В., Евсин А.О. Спекл-диагностика элементов остекления кабин воздушных судов из органического стекла // Авиационная промышленность. 2021. №3-4. С. 97–103.
2. Павлов П.В., Вольф И.Э., Степанов А.Р., Евсин А.О., Хакимов Л.Н. Патент RU 2759038. МПК В64F 5/00. опубл. 09.11.21 Бюл. №31.
3. Павлов П.В., Лагошный И.С., Вольф И.Э., Евсин А.О., Степанов А.Р., Оношко А.М. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021669662 от 01.12.2021 г.

## **Метод исследования НДС гофрированных оболочек сиффонных компенсаторов авиакосмического применения**

Сухоруков В.В., Михайлов М.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Москвитин Г.В.

МАИ, Москва

Сиффонный компенсатор (СК) — это устройство, состоящее из сиффона (гофрированная оболочка) и арматуры, способное поглощать или уменьшать силовые, кинематические, температурные и др. воздействия на изделия. В авиакосмическом машиностроении СК широко используются в системах управления и автоматического регулирования, системах пневмогидравлических коммуникаций, в качестве удобных соединений трубопроводов, в том числе в авиадвигателях и др.

Основными критериями, определяющими работоспособность СК и их авиакосмическое применение, являются прочность и ресурс. С учётом того, что СК эксплуатируются, как правило, в экстремальных условиях, разработка таких критериев представляет собой сложную научно-техническую задачу.

Задача о НДС, прочности и ресурсе СК при циклическом неупругом высокотемпературном нагружении была численно решена в работе [1]. При этом рассматривались физически нелинейное деформированное состояние с использованием подходов теории тонкостенных оболочек и деформационной теории длительного малоциклового нагружения.

В настоящей работе рассматриваются ряд научных и методических вопросов, посвященных созданию численного метода оценки НДС гофрированной оболочки СК [2]. В качестве альтернативы оболочечным подходам был использован МКЭ на базе пакета ANSYS Workbench. Для моделирования трёхмерного объекта был использован КЭ SHELL181. Элемент имел четыре узла и шесть степеней свободы в каждом узле: перемещения в направлении осей X, Y и Z узловой системы координат и повороты вокруг осей X, Y и Z узловой системы координат

Верификация применения данного пакета для рассматриваемой задачи была выполнена путём сравнения результатов его использования с данными работы [1], имеющей экспериментальное подтверждение, а также путём решения нескольких тестовых задач.

Численное исследование с применением указанного пакета программ было выполнено применительно к гофрированной оболочке СК авиационного применения Ду 40. По результатам расчёта было установлено, что наибольшее значение интенсивности деформаций наблюдается на внутренних тороидальных участках сиффона. Они не превышают  $3.03 \cdot 10^{-4}$ . Наименьшее значение наблюдается на внешних тороидальных участках сиффона ( $1.45 \cdot 10^{-4}$ ). Если принять, что пластическое деформированное состояние сиффона начинается с деформации 0.002 (0.2%), то можно утверждать, что вся конструкция сиффона при использованных исходных данных испытывает только упругие деформации.

Значения полученных интенсивностей деформаций и напряжений приблизительно соответствуют значениям, полученным в [1]. Погрешность составляет не более 10%. Таким образом, можно утверждать, что современные системы конечно-элементного анализа (по крайней мере, используемый в работе подход) дают приемлемые результаты при расчёте НДС гофрированных оболочек.

В качестве перспективных исследований по рассмотренной в данной работе проблеме предполагается разработка пакетов прикладных программ на базе МКЭ с целью проведения численных исследований гофрированных оболочек современных конструкций сильфонных компенсаторов авиакосмического использования при несимметричном нагружении (изгиб, кручение), многослойным исполнением, конечных деформациях, наличия винтовых гофров, с учётом взаимодействия с защитной оболочкой и бронировующими кольцами, в условиях динамического и вибрационного нагружений и др.

Список используемых источников:

1. Гусенков А.П., Москвитин Г.В., Хорошилов В.Н. Малоцикловая прочность оболочечных конструкций. М.: Наука, 1989. 254 с.

2. Сухоруков В.В., Москвитин Г.В. Численное исследование НДС гофрированной оболочки сильфонного компенсатора // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред. Материалы XXVIII международного симпозиума им. А.Г.Горшкова. Москва, 2022. — С. 178-180.

3. Петров Е.В. Обобщение деформационных теорий пластичности на основе энергетических концепций// Проблемы прочности, 1993. №12. С. 39-45.

## **Применение программы «Stage-Gate» на этапах жизненного цикла авиационной техники**

Хохлова А.Ю.

МАИ, Москва

В настоящее время существуют некоторые проблемы корпораций в программном управлении:

- Недостаток маркетинговых исследований, понимания требований рынка, противоречия в части рыночных задач по продукту и в части ГОЗ, отсутствие чёткого понятия продукта
- Директивное управление. Слабое развитие маркетинга и продаж
- Поэтапное выделение средств, изменение суммы в ходе осуществления этапов, нехватка средств на последующий этап
- Отсутствие концепции сервиса и ППО на ранних этапах, сложности в изменении существующей инфраструктуры под требования эксплуатанта
- Отсутствие альтернативных поставщиков
- Необходима синхронизация и выстраивание взаимосвязей между процессами
- Необходимо понимание, как должна быть организовано управление программами с точки зрения функционала и ролей, как управлять процессами и взаимодействовать с остальными подразделениями

Поэтому для обеспечения целевых показателей по перспективным программам следует применять систему «Stage-Gate», благодаря чему планирование на ранних стадиях обеспечит сокращение unplanned затрат на дальнейших этапах.

Но стоит учитывать, что спецификой авиационной техники являются требования к безопасности полётов и высокие требования к надёжности ВС, что отражается в конкретных требованиях к лётным испытаниям, лётной годности ЛА, сертификации авиационной техники и эксплуатации.

Исходя из вышесказанного, этапы жизненного цикла ВС могут быть разбиты:

### 1 Разработка концепции

Целью является рассмотрение всех доступных вариантов и создание предварительных условий для продукта. Происходит понимание потребностей клиентов и включение их в концептуальную модель.

### 2 Этап определения

Находятся системные решения, которые должны соответствовать требованиям заказчика, обеспечивая при этом возможность разработки и производства. Конкретизация запроса заказчика.

### 3 Стадия разработки

Любое новое разработанное воздушное судно должно по техническим параметрам и эксплуатационным характеристикам заменять устаревшую авиационную технику, обеспечивать соответствие требованиям заказчиков в соответствии с действующим авиационным законодательством и условиями эксплуатации. Также следует учитывать текущее и будущее развитие на срок не менее 30 лет, ВС должно быть перспективным.

#### 4 Стадия производства

Материализуются концептуальные проекты и данные предыдущих этапов. Сначала будет разработан поэтапный график поставок компонентов, необходимых для производственного процесса.

#### 5 Этап тестирования

Авиационное оборудование и его компоненты подвергаются строгой проверке, проработке отказных режимов.

#### 6 Стадия эксплуатации

Целью этого этапа является эксплуатация изделия в предусмотренных условиях для обеспечения максимального времени безотказной работы. В авиационной технике особое внимание уделяется безопасности. Этот этап заканчивается в тот момент, когда снижается способность ЛА соответствовать требуемым параметрам и сервису. В этом случае часть этапа эксплуатации подразумевает модернизацию или продление технического срока службы.

#### 7 Этап поддержки

Целью является предоставление услуг по логистике, техническому обслуживанию и поддержке. Это делается для обеспечения высокого уровня надёжности систем, оптимальной работы в течение всего срока службы.

#### 8 Стадия утилизации или продления технического срока службы

Авиационная техника в ходе своего жизненного цикла в какой-то момент доходит до стадии устаревания, должно быть принято решение, основанное на оценке стоимости эксплуатации, надёжности и потери ценности. Альтернативами при принятии решений являются модернизация, техническое обслуживание, продажа излишков авиационной техники другим пользователям или утилизация. Окончание технического срока службы может быть вызвано моральным устареванием, увеличением эксплуатационных расходов, негативным влиянием на окружающую среду (шум, выбросы) по сравнению с более современной авиационной техникой.

Подводя итог вышесказанному, жизненный цикл продукта определяет его положение на рынке. Необходимость эффективного управления жизненным циклом продукта определяется конкуренцией и постоянно растущими требованиями заказчиков. Стратегия «Stage-Gate» подразумевает управление жизненным циклом продукта, предлагая производителям условия сотрудничества с деловыми партнерами для ускорения запуска продукта, снижения производственных затрат, повышения качества и повышения удовлетворенности клиентов. Вышеупомянутая концепция позволяет контролировать всю область жизненного цикла ВС и связанную с ним информацию. Эффективное управление жизненным циклом позволяет компаниям успешно конкурировать на международных рынках. Более того, стратегическое планирование и контроль результатов на ранних стадиях проекта обеспечивает сокращение внеплановых затрат на дальнейших этапах. Данный подход минимизирует риски принятия решений. В настоящее время перспективные технологии стремительно совершенствуются, технологии управления тоже должны обновляться и развиваться в соответствии с мировыми тенденциями.

#### Список используемых источников:

1. STRANDBERG, T. — BURTON, H. — VERMA, D.: Towards Effective System Life Cycle management- Research on the relationships between System Architecture, Organizational and process Structures, Dostupné na — URL: <http://sse.stevens.edu/fileadmin/cser/2006/papers/179-Strandberg-System%20Life%20Cycle%20Management.pdf> (дата обращения 14.02.2023)

2. SAAKSUORI, A. — ANSEMI, I.: Product Lifecycle Management. Third edition. Springer 2008. ISBN 978-3-540 -78173-8. — URL: L-G-0000012817-0002370544.pdf (e-bookshelf.de) (дата обращения 14.02.2023)

3. R.G. Cooper, «What's next? After Stage-Gate,» Research-Technology Management, Vol 157, No. 1, Jan-Feb 2014, pp 20-31. — URL: What's Next After State-Gate (bobcooper.ca) (дата обращения 14.02.2023)

## **Проблемы составления учебной программы для площадки «Онлайн-школа САПР МАИ»**

Широков А.И.

МАИ, Москва

В 21-ом веке процент установки различных САПР на ведущие предприятия авиастроительной отрасли достигает 100%. Благодаря данным системамкратно ускоряются процессы проектирования, конструирования и технологии производства изделий. Встает вопрос о грамотной подготовке специалистов авиастроительной отрасли в области работы в САПР. Так как САПР представляет из себя высокотехнологичную сферу, то возникает проблемы обучения студентов в этой самой сфере. Одна из главных проблем — сегодня эта сфера реализована через обучение по классической системе, что ухудшает итоговый результат.

Для решения этой проблемы выдвигается тема создания специализированной онлайн-площадки, на которой будут размещены все необходимые материалы по обучением современным российским САПР.

К данному проекту выдвигается требование — учебная программа должна быть обязательна для прохождения студентам, обучающимся по инженерным дисциплинам, а также быть общедоступна для всех студентов, желающих обучиться САПР.

Актуальность данной темы представляется в попытке анализа возможных проблем при создании программы и путей их решения для запуска проекта. В исследовании ставятся следующие задачи:

- Аргументировать выбора целевой аудитории (курс обучения);
- Сформировать все возможные проблемы и вопросы по составлению учебной программы;
- Аргументировать предлагаемые уроки и темы;
- Доказать не перегруженность студентов по предложенной учебной программе;

Составлять учебную программу для обучения планируется для 2-х основных российских САПР: Компас-3D (Разработчик — ООО «Аскон») и T-Flex (Разработчик — ООО «Топ-системы»). Процесс окончательного утверждения и составления программы будет происходить совместно с разработчиками ПО, а также с основными предприятиями отрасли.

Основным граничным условием, которое нельзя не учитывать при составлении программы — количество часов. Для того, чтобы учебная программа была включена в учебный план и приняла статус «обязательная», она должна содержать 36 академических часов работы с преподавателем и 36 академических часов самостоятельной работы.

В работе автором предлагаются и анализируются учебные блоки, которые, в свою очередь, разбиты на уроки. В работе присутствует аргументация выборов тем урока, их продолжительности и методе подачи материала.

## Секция №1.4 Беспилотные летательные аппараты

---

### Проектирование беспилотного воздушного судна для авиационных работ

Андреев П.С., Тропин А.В.

Научный руководитель — Селин А.И.

МАИ, Москва

БВС предназначен для высокоточного внесения пестицидов (гербицидов, инсектицидов и фунгицидов), органических удобрений, прикормок, гормонов роста и других субстанций, вносимых в жидкой форме с применением технологии ультрамалообъемного (УМО) распыления.

Целью документа является:

1. выбор оптимальной схемы построения БВС,

2. предварительные проектировочные расчёты.

Применение БВС в сельском хозяйстве является инновацией для России и имеет большой потенциал, особенно при реализации задач точного земледелия.

Сегодня фермеры открыты для использования технологий увеличения урожайности и повышения качества своей продукции. АХР давно применяются для этого, но использование пилотируемых воздушных судов (ВС) было экономически невыгодным для полей небольшого размера.

Работа с опасными химическими веществами, такими как пестициды, гербициды и фунгициды, создает много рисков для здоровья людей и домашнего скота. Разрабатываемое БВС является идеальным решением для малых и средних ферм: высокоточное уничтожение вредителей и болезней с/х культур обеспечивает безопасность, снижая воздействие химикатов на окружающую среду.

В качестве основного сценария был рассмотрен сценарий применения БВС для обработки полей жидкими химикатами. Рассмотрены размеры типовых полей, полученных с помощью анализа спутниковых снимков.

В случае применения нескольких БВС, точки взлёта/посадки для каждого БВС выбираются на удалении ( $\Delta l \geq 3$  м) друг от друга с разными траекториями подхода, кроме того полетное задание должно строиться таким образом, чтобы траектории БВС не пересекались и не происходила повторная обработка и пропуски участков обработки с учётом сокращения расхода рабочей жидкости и заряда АКБ.

В качестве оптимальной схемы была выбрана гексокоптерная схема с четырьмя насадками-распылителями, имеющие по две сменных форсунки. Диаметры сопла форсунки подбираются в зависимости от распыляемой жидкости для достижения наибольшей эффективности. При стартовой сухой массе БВС и полезной нагрузки (масса удобрений без учёта расходного бака) 42 и 30 кг. соответственно, время полёта составляет 12 минут с учётом уменьшения массы жидкости в расчетном баке, времени полёта к целевому участку поля и возвращении на стартовую позицию.

Список используемых источников:

1. Система автоматизированного проектирования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) мультироторной схемы. Калягин М.Ю., Панюков Д.Н., Замковой А.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021681030, 17.12.2021. Заявка № 2021669003 от 24.11.2021.

2. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования. / П.П. Афанасьев, И.С. Голубев, В.Н. Новиков, С.Г. Парафес, М.Л. Пестов, И.К. Туркин / Под редакцией И.С. Голубева и И.К. Туркина. — Изд. Второе, переработанное и дополненное, М.: 2008.

## Перспективы развития сертификации беспилотных авиационных систем

Болобан В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Замковой А.А.

МАИ, Москва

На данный момент большинство стран сталкиваются с проблемами правового регулирования беспилотных воздушных судов (БВС), поскольку они в свою очередь связаны с нововведениями, которые окажут влияние на общественную безопасность.

Беспилотные авиационные комплексы в настоящее время являются новой, но фактически уже неотъемлемой составляющей общей авиационной структуры. Более низкая себестоимость применения беспилотной авиации в сравнении с пилотируемой дала значительный толчок для роста рынка услуг с применением БАС за последние годы.

Однако на текущий момент единая международная классификация БАС отсутствует. Между тем это основа для формирования требований к беспилотным авиационным системам и их составным частям, от которой должна вестись разработка стандартов и норм, необходимых для легитимной и безопасной эксплуатации систем.

Согласно главе 6 Циркуляра 328 «Беспилотные авиационные системы (БАС)» ИКАО (Международной организации гражданской авиации), все БАС попадают под действие системы сертификации и должны продемонстрировать соответствие сертификационным требованиям по аналогии с пилотируемыми воздушными судами. При этом, требования по сертификации БАС с учётом дополнительных системных элементов и условий эксплуатации становятся более жёсткими.

В Российской Федерации подобное требование закреплено в п. 2.1 ст. 8 Воздушного кодекса, который устанавливает необходимость обязательной сертификации для всех БАС и их элементов, в составе которых находятся беспилотные воздушные суда с максимальной взлетной массой (МВМ) 30 кг и более.

Отсутствие необходимости сертификации БАС с БВС максимальной взлетной массой менее 30 кг существенно стимулировало рост рынка именно в данном сегменте.

В нашей стране основным критерием для определения необходимости проведения сертификации БАС является МВМ, когда Европейское агентство авиационной безопасности (EASA), придерживается подхода, основанного на комплексной оценке риска.

Однако в конце 2022 года отрасль получила долгожданный импульс в виде двух поручений президента. При этом 1 января 2023 года Росавиацией были утверждены нормы лётной годности для БАС с БВС СТ до 5400 кг и для БАС с БВС ВТ до 750 кг. Кроме того, в перспективе ближайших 2-3 лет возможно частичное или полное принятие концепции EASA в России. Данное ужесточение требований определяется возможностью БВС причинить вред третьим лицам, которая оценивается пропорционально его кинетической энергии.

Это означает, что требования по обязательной сертификации коснутся также и аппаратов с максимальной взлетной массой менее 30 кг, предназначенных для коммерческого использования. Введение данных требований приведёт к значительному увеличению объёма рынка услуг по сертификации.

В настоящее время системой подтверждения лётной годности (ЛГ) для БАС, в составе которых находятся беспилотные воздушные суда с максимальной взлетной массой 30 кг и менее, является добровольная сертификация, а требования к ЛГ отсутствуют.

Выше описанное требует от отрасли формирования новых подходов к сертификации беспилотных авиационных систем с БВС массой 30 кг и менее. В связи с этим, необходимо реализовать систему подтверждения лётной годности данных аппаратов в рамках законодательства Российской Федерации. А также инициировать разработку национального стандарта, определяющего требования к лётной годности.

Список используемых источников:

1. ИКАО. Беспилотные авиационные системы (БАС). Циркуляр 328, 2018.

## Исследование устойчивости беспилотного летательного аппарата методом статистического построения функции Ляпунова

Бородин И.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Балык В.М.

МАИ, Москва

Целью настоящей работы является разработка метода построения функции Ляпунова для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, к которым сводятся многие задачи исследования устойчивости беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Безусловно, важными при разработке новых образцов БЛА являются такие вопросы, как устойчивость движения и способы достижения необходимой устойчивости. Особую значимость имеет проблема выбора проектных решений, устойчивых к возмущающим факторам.

Существует ряд методов исследования устойчивости БЛА, однако наиболее удобным и распространенным является второй (прямой) метод Ляпунова, хотя этот метод не совершенен и имеет ряд недостатков. Основным недостатком метода исследования функции Ляпунова является то, что в общем случае функцию Ляпунова необходимо «угадывать». Надо принять во внимание, что составление функции Ляпунова не связано напрямую со структурными особенностями исследуемого БЛА, и поэтому до сих пор нет исчерпывающих регулярных методов её построения по заданным уравнениям движения БЛА.

Особенность данной работы состоит в том, что здесь функция Ляпунова строится в классе квадратичных функций, параметры которой определяются по специально разработанному статистическому критерию. Данный критерий отражает в себе необходимые условия устойчивости, а именно непостоянство функции Ляпунова и её производной. Причем функция Ляпунова должна быть положительной, а её производная — отрицательной. Оптимизация (минимизация) статистического критерия приводит к минимизации точек траектории, в которых условия устойчивости не выполняются.

Апробация предложенного метода проводилась на системе дифференциальных уравнений движения БЛА со следующими характеристиками: общая масса — 505 кг; длина — 2,84 м; калибр — 0,355 м; высота сброса — до 14 км; дальность применения — до 40 км; система наведения — инерциально-спутниковая. В качестве вектора неконтролируемых факторов  $\omega$  приняты начальные значения координат и скорости цели, в качестве вектора проектных решений  $d$ -обликовые характеристики БЛА (размах, корневая и концевая хорды передних и задних несущих поверхностей).

Функция Ляпунова является функцией от фазовых координат БЛА (скорость, углы наклона и поворота траектории, координаты аппарата и др.), которые в свою очередь зависят от аэродинамических сил и моментов, а те — от вектора проектных решений. Таким образом, оптимизация статистического критерия осуществляется за счёт варьирования вектора проектных решений при действующих неконтролируемых факторах.

Задача решалась с шагом интегрирования  $\Delta t=0,05$ с, было рассчитано 48 секунд полёта БЛА. Таким образом, для формирования статистики функции Ляпунова и её производной имеется 960 расчётных точек. В результате проведенной оптимизации было получено оптимальное (минимальное) значение критерия  $J=0$ . Из этого следует, что во всех расчётных точках траектории БЛА выполняются условия Ляпунова, следовательно, обеспечивается устойчивость данного аппарата.

Предлагаемый в настоящей работе метод также апробировался и на других модельных задачах исследования устойчивости (спускаемый аппарат в атмосфере Марса, спутник дистанционного зондирования Земли — Кондор-Э).

Таким образом, предлагаемый в настоящей работе метод является универсальным методом формирования функции Ляпунова для широкого класса летательных и космических аппаратов.

Список используемых источников:

1. Миронов В.В., Северцев Н.А. Методы анализа устойчивости систем и управляемости движением. М.: Изд-во РУДН, 2002.

2. Бородин И.Д. Метод статистического синтеза функции Ляпунова для исследования устойчивости искусственного спутника Земли // Вестник УГАТУ, Т. 26, № 3 (97), 2022.

3. Балык В.М., Бородин И.Д. Выбор устойчивых проектных решений беспилотного летательного аппарата в условиях действий факторов неопределенности // Вестник Московского авиационного института. 2022. Т. 29. № 1. С. 57-66.

## **Программно-аппаратный комплекс отладки функциональных узлов контура управления БПЛА**

Дорошев А.С.

Научный руководитель — Перчихин О.И.

МАИ, Москва

Одним из основных этапов макетирования технических средств, в том числе беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) мультироторного типа, является отладка программных и аппаратных средств. Это актуально и для их технической эксплуатации и ремонта — функциональный контроль составных частей как автономно, так и в составе контура.

Разработанный комплекс позволяет осуществлять отладку функциональных узлов объекта контроля как автономно, так и в составе контура управления. Технический облик программно-аппаратного комплекса включает: персональный компьютер с прикладным программным обеспечением (ПК), устройство сбора и формирования данных (УСФД), а также осциллограф и генератор сигналов.

Взаимодействие ПК-УСФД осуществляется по интерфейсу USB или Ethernet по протоколу VISA в среде LabVIEW, что позволяет транслировать программы, реализующие алгоритмы проведения отладки на языке графического программирования G, в исполняемый код микропроцессорной системы управления УСФД на базе системы-на-кристалле с ядром ARM Cortex-A. Взаимодействие УСФД-ОК может осуществляться по интерфейсам I2C, SPI, UART, а также путём приема и выдачи разовых команд и ШИМ-сигналов.

Ввиду того, что составные части комплекса функционируют в единой программной среде, осуществима реконфигурация выводов УСФД в зависимости от выбранного режима работы: датчиковая аппаратура, исполнительные устройства, полетный контроллер, комплексная отладка.

Разработанный графический интерфейс пользователя позволяет осуществлять выбор и переключение между режимами, формировать данные для передачи команд и параметров объекту контроля и визуализировать принимаемые данные в режиме реального времени.

Результаты данной работы могут быть использованы в качестве автоматизированного рабочего места для поведения функционального контроля на этапе макетирования и отладки элементов и устройств контура управления БПЛА, а также в качестве материально-технической базы и лабораторных установок при внедрении в учебный процесс.

## **Аэротакси как транспорт будущего**

Иванова У.И.

Научный руководитель — к.т.н. Калягин М.Ю.

МАИ, Москва

В современном мире, как известно, наземная инфраструктура в большинстве своем не справляется с потоком машин. Идея использовать воздушные пути не нова. Существуют беспилотные аэротакси, способные перевозить пассажиров и грузы.

Гипотеза исследования: аэротакси станет эффективным и экологичным средством решения проблем с транспортной мобильностью.

Целью данной работы является анализ перспектив перевозок воздушным транспортом.

Мне бы хотелось остановиться на некоторых основных трендах развития грузовых авиаперевозок, сформировавшиеся в России на рынке в последнее время. На самом деле, многие эксперты отмечали, что в последние года ситуацию можно было назвать хаосом,

но теперь она немножко улучшается и превращается в более ли менее упорядоченный хаос благодаря деятельности участников данной отрасли и рынка. Следует выделить тренд восстановления перевозок, так как анализ спроса мировых объёмов грузоперевозок воздушным транспортным средством показывает стабильный рост. Так, например, по данным Росавиации, перевозки грузов и почты в январе-марте 2021 года возросли почти на треть (27,6%) по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Прирост тоннажа на международных маршрутах составил 34,1%, на внутренних — 10,7%.

Вследствие пандемии значение пассажиропотока снизилось, и авиакомпании частично компенсировали потери за счёт грузовых авиаперевозок. Как сообщил руководитель Международного логистического альянса АСЕХ Мирослав Золотарев, наибольшее развитие получила доставка медикаментов и средств индивидуальной защиты. Также, как внутри страны, так и на международной направлениях, свое распространение получила электронная торговля. В сложившихся условиях был отмечен рост тарифов на грузоперевозки в среднем в 3-4 раза. Стоит отметить, что авиаперевозки грузов смогли бы значительно ускорить доставку товаров, что, конечно же, отразится на росте потока продаж.

Учитывая вышеперечисленные факторы, актуальность грузоперевозок воздушным путём будет только повышаться. В особенности учитывая постоянное состояние пробок в мегаполисах, воздушные грузоперевозки были бы очень важны. Сфера применения: медицина, почта, продукты питания, а также по необходимости боеприпасов в сложно доступные точки с разрушенной дорожной логистикой. Поэтому предлагаю вашему вниманию ТТХ существующих воздушных судов, которые могли бы выполнять данные задачи, предназначенных для грузоперевозок:

1. Volocopter 2X: дальность полёта 27 км, максимальная скорость 70 км/ч, максимальная взлетная масса 290 кг, вес полезной нагрузки 160 кг, тип двигателя 18 ЭД, длительность полёта 27 мин;

2. AERIS «3 X 200» (Россия): дальность полёта 200 км, максимальная скорость 200 км/ч, максимальная взлетная масса 840 кг, вес полезной нагрузки 200 кг, имеет механическую трансмиссию;

3. AERIS «3 X 500» (Россия): дальность полёта 500 км, максимальная скорость 500 км/ч, максимальная взлетная масса 1500 кг, вес полезной нагрузки 500 кг, имеет пропульсивный планер;

4. S-700 (Россия): дальность полёта 30 км, максимальная скорость 100 км/ч, вес полезной нагрузки 200 кг, БВС мультиторного вида с двухуровневой схемой расположения силовых установок, длительность полёта 20 мин;

5. R-700 (Россия): дальность полёта 600 км, максимальная скорость 220 км/ч, вес полезной нагрузки 200 кг, аппарат оборудован 12 винтомоторными группами, из них 4 являются поворотными для горизонтального полёта и расположены на средних лучах, длительность полёта 120 мин;

6. Seraph: дальность полёта 800 км, максимальная скорость 80 км/ч, вес полезной нагрузки 250 кг, имеет 12 винтов, которые расположены на шести опорах;

7. Hi-Fly Taxi (Россия): дальность полёта 90 км, максимальная скорость 140 км/ч, вес полезной нагрузки 200 кг, имеет 16 электрических двигателей, расположенных в двух плоскостях, длительность полёта 45 мин;

8. Ehang: дальность полёта 25 км, максимальная скорость 130 км/ч, максимальная взлетная масса 340 кг, вес полезной нагрузки 260 кг, тип двигателя 18 ЭД, длительность полёта 21 мин.

Но несмотря на плюсы, стоит отметить и недостатки. Все компании, занимающиеся конструированием аэротакси, сталкиваются с такими проблемами, как: отсутствие законов, которые могли бы регулировать движение беспилотных воздушных судов; большая затрата ресурсов на создание аэротакси; неготовность диспетчерских систем в управлении воздушным такси; а также небольшая вместимость.

В заключении хочется сказать, что на данный момент распространение аэротакси тормозится проблемами, возникающими при конструировании и эксплуатации данных

воздушных транспортных средств. Но после их решения аэротакси сможет получить массовое распространение, что станет большим прорывом в транспортной сфере.

Список используемых источников:

1. Алексей Любовецкий 30.04.2021[электронный ресурс] режим доступа URL <https://rg.ru/2021/04/30/aviakompanii-narastili-obem-gruzovyh-perevozok.html>

2. Российская Газета 11.05.2022[электронный ресурс] режим доступа URL <https://travel.rambler.ru/news/46392473-aviakompanii-narastili-obem-perevozok-gruzov/>

## **Оптимальный интерфейс для управления беспилотными летательными аппаратами и их коммуникации**

Кажайкина П.С., Шмагина Ю.В., Николаев А.С.

Научный руководитель — Назаров А.В.

МФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Мытищи

Воздушная торпеда Кеттеринга является экспериментальной беспилотной торпедой. Была изобретена Чарльзом Кеттерингом в 1917 г. по заказу армии США. Предназначалась для обстрела городов с дистанции до 120 км. Мог лететь только по прямой траектории, так как автопилот отсчитывал обороты двигателя и управлял только гироскопами для стабилизации. После активации механизма отсчета происходило отсоединение крыльев и ракета падала на цель.

ТУ-141 «Стриж» — советский оперативно-тактический разведывательный беспилотный летательный аппарат. Разработан ОКБ им. Туполева. Предназначался для разведки на расстоянии нескольких сотен километров на трансзвуковых скоростях. Посадка осуществлялась с помощью парашюта. Состоял в комплексе ВР-2 «Стриж» и выпускался на Харьковском авиазаводе. Используется и в наше время в различных военных операциях.

Одной из главных проблем группы беспилотных аппаратов является сложность управления. Для всех аппаратов группы необходимо поставить задачи и маршрут. Это отнимает много времени на расчёты и занесение данных в аппараты. В различных условиях группа может потерять связь с сервером, а также связь между аппаратами. Различные сбои в прошивке аппаратов могут привести к потере одного из аппаратов. Военные силы противника могут перехватить частоту, на которой коммуницируют аппараты.

Роевой интеллект используется для объединения большого количества аппаратов в одну группу, выполняющую общую задачу. Оператор, управляющий группой, задаёт задачи для всей группы сразу, а не для каждого аппарата отдельно. Это повышает эффективность использования БПЛА в военных действиях и обеспечивает быструю скорость реагирования при внештатных ситуациях.

Для оптимизации управления, всей группе нужно головное устройство, которое будет принимать указания с сервера и распределять их по группе. На всех устройствах группы установлена прошивка, способная принять на себя управление всей группой. При выходе головного устройства из строя, группа выбирает новое при помощи кворум-элемента.

Все аппараты группы должны двигаться по определённому маршруту. В разведке, например, они должны образовывать ровную сетку и двигаться как единое целое. Данной особенностью обладают птицы. Эффект, благодаря которому достигается целостность стаи, называется — «Мурмурация». Данное явление ещё не полностью изучено, но есть предположения как это работает. Птицы в стае ориентируются на тени отбрасываемые другими птицами и выполняют те же действия, что и другие. Множество явлений природы используются людьми в искусственном интеллекте. У наших БПЛА отсутствуют глаза, но есть ультразвуковые датчики и радиосвязь, с помощью информации с этих датчиков, аппараты могут высчитывать расстояние до других аппаратов. Благодаря этому, оператор может управлять движением только одного аппарата, а все остальные будут подстраиваться под него.

При потере связи между оператором(сервером) и группой, аппараты продолжают выполнять последнюю поставленную задачу. Также группа выполняет переход на резервную частоту и пытается подключиться к серверу на этой частоте.

Если один из аппаратов теряет связь с группой, все аппараты включая его включают поиск на резервной частоте.

Потерянный аппарат начинает отсчёт времени до самоликвидации.

Самоликвидация аппарата происходит в нескольких случаях:

1. Потеря связи с группой
2. Сбои в работе программы
3. Физические повреждения

В данных случаях, аппарат должен удалить все данные о поставленной задаче. Самым оптимальным методом является физическое уничтожение микросхем памяти, например воздействие высокого тока. Этим, мы сохраним летательные способности аппарата, но все данные о выполняемой задаче будут необратимо удалены. Во всех случаях кроме физического повреждения аппарата, он производит аварийную посадку. Это полезно при различных ошибках на взлете. Мы сможем изучить лог данных и понять почему аппарат совершил аварийную посадку.

В этом проекте были предложены различные методы для оптимизации роевого интеллекта. Данные методы способны оптимизировать управление группой беспилотных летательных аппаратов и повысить эффективность использования БПЛА в различных целях.

Список используемых источников:

1. Макаров И.В. Создание блока автопилота малого беспилотного летательного аппарата. //Современные проблемы радиоэлектроники: сб.науч.тр. / науч.ред.: А.И.Громыко, А.В.Сарафанов; отв. за вып.: А.А.Левицкий. — Красноярск: ИПК СФУ, 2009. — 465 с. — Стр. 56–59

2. Красильщикова М.Н., Себрякова Г.Г. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий /Под ред. М.: Физматлит, 2003.

## **Анализ применения зарубежных беспилотных летательных аппаратов в специальной военной операции**

Коновалов М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Арбузов И.В.

МАИ, ОКБ «Сухого», Москва

Специальная военная операция стала важным событием в истории развития беспилотных летательных аппаратов. Начиная с самых первых дней СВО армии обеих сторон сталкиваются с вызовами, которые появляются в результате использования этих новых на полях сражений машин. Появляется потребность в систематизации проблем, изучении опыта как союзной армии, так и армии противника, анализе данных, выработки возможных решений, которые позволят как исправить недочёты своих БЛА, так и выработать методы противодействия аналогам и средствам борьбы противника.

Исследование проблемы проведено с помощью анализа данных со средств объективного контроля, опубликованных в открытых источниках-СМИ и сети Интернет. Сравнение и анализ различных БПЛА проводился по их предназначениям, таким как разведывательные беспилотники, барражирующие боеприпасы и ударные беспилотники. Всего было рассмотрено 20 наиболее часто использующихся моделей БЛА.

Малые разведывательные беспилотники на данный момент в основном представляют собой коммерческие квадрокоптеры с обычной видеокамерой. Их преимущества заключаются в компактности и мобильности, а недостатки-в виде ограниченной эффективности коммерческих дронов, слабой помехозащищенности и ограниченной массы полезной нагрузки.

Малые БЛА самолётного типа обладают более высокими характеристиками, чем гражданские образцы, но требуют в большинстве случаев запуск с пневматической катапульты, а также их малое количество ограничивает массовое использование на линии соприкосновения.

Отдельным пунктом является нестандартное применение квадрокоптеров с системой сброса груза в роли бомбардировщика. Войска обеих сторон охотно применяют эту идею, благодаря высокой точности и эффективности метания боеприпасов как по пехоте, так и по технике, а также подавлению морального-психологического состояния противника. Однако есть у неё и недостатки в виде низкой эффективности применения в городских условиях и слабых характеристик как дронов, так и боеприпасов к ним. Также появились на поле боя так называемые FPV-дроны, которые обладают высокой маневренностью и позволяют внезапно поражать технику и живую силу.

Более тяжелые разведывательные БЛА обладают высокими характеристиками продолжительности и дальности полёта, более качественным разведоборудованием, дополнительным оснащением, помехозащищенностью и повышенной надежностью. Основным преимуществом является способность разведывать тыловые районы противника, его логистику, штабы и подготовку войск. Недостатком являются крупные размеры, позволяющие ПВО засечь полёт беспилотника, громоздкость оборудования управления и высокую стоимость.

Барражирующие боеприпасы стали новинкой в военных действиях. Способные поражать слабозащищенные объекты в тылу противника, они стали массово использоваться армией РФ. ВСУ тоже используют подобные аппараты но слабая эффективность украинских и западных моделей вынуждает их отдавать предпочтение квадрокоптерам с системой сброса. Российские же модели снабжены большим количеством взрывчатого вещества, хоть и не всегда достаточным для поражения цели, большой оперативной глубиной применения, но в то же время часть их обладает низкой скоростью или слабоэффективным управлением по координатам.

Ударные БЛА, будучи популярными машинами до конфликта, во время него оказались в тени. Причиной этому стал позиционный характер боевых действий, когда современное ПВО прикрывает передовые части по всей линии соприкосновения, и малая насыщенность подобной техникой в войсках. Однако исключительно высокая продолжительность полёта и способность поражать противника собственным вооружением повысят их значимость когда конфликт перейдет в подвижную фазу.

Таким образом, за время СВО беспилотники стали неотъемлемой частью вооруженных сил, был получен боевой опыт применения и найдены сильные и слабые стороны как категорий БЛА, так и конкретных моделей. Несомненно, конфликт стал толчком в развитии беспилотной авиации по всему миру.

Список используемых источников:

1. Военное обозрение. «Мы с опозданием занялись внедрением БПЛА». Означают ли слова вице-премьера РФ, что выводы сделаны? Дата публикации: 17 июня 2022. URL: <https://topwar.ru/197767-my-s-opozdaniem-zanjalis-vnedreniem-bpla-oznachajut-li-slova-vice-premera-rf-chto-vyvody-sdelany.html> (дата обращения 10.10.2022)

## **Комплексный подход к определению конструктивных параметров опор шасси тяжелого БПЛА**

Лисина М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Шасси конкурентоспособного самолёта обеспечивают размещение самолёта на стоянке, его устойчивое передвижение по аэродрому при рулении, буксировке, с учётом неровности поверхности, разбеге перед взлётом и пробеге после посадки, а также поглощают кинетическую и потенциальную энергию самолёта после посадки [1].

В данной работе осуществляется анализа конструктивно-силовой схемы шасси самолёта с целью создания конструкции минимальной массы. Рассматривается опора шасси нагружения силами, действующими при взлете, посадке и маневрировании, величина которых определяется или в соответствии с нормами лётной годности, или в результате расчёта динамики взаимодействия шасси самолёта с поверхностью ВПП [2, 3].

В основе такого анализа лежит метод весового проектирования, позволяющий по весовому критерию выбирать рациональные проектно-конструкторские решения [4].

Такой подход позволяет решать следующие задачи: выбор рациональной компоновочной схемы шасси, выбор рациональных параметров конструктивно-силовой схемы, проектирование элементов конструкции шасси с использованием рекомендуемых конструкционных материалов.

Если конфигурацию БПЛА и его рациональную компоновочную схему выбирают на этапе эскизного (предварительного) проектирования, то определение массы силовых элементов и шасси в целом, а также оптимизацию по массе различных конструктивных решений можно осуществить на этапе рабочего проектирования.

При этом в качестве ограничений при выборе конструктивно-силовой схемы шасси будут выступать такие условия, как базирование и маневрирование на ВПП заданных размеров, кинематика уборки во внутренние объёмы определённых габаритов конструкции БПЛА.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А.

Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6. — EDN ZGQVGN.

2. Лисина, М. В. Анализ оптимального расположения шасси тяжёлых беспилотных летательных аппаратов / М. В. Лисина // Гагаринские чтения — 2022 : Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII, Москва, 12–15 апреля 2022 года. — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 33-35. — EDN LYONHW.

## **Анализ состояния вопроса в области исследования технических характеристик приборного оборудования лёгких беспилотных летательных аппаратов в процессе лётных испытаний**

Лисицин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) относятся к наиболее перспективным видам авиационной техники. Одной из разновидностей БПЛА является мультикоптер (многомоторный или мультироторный летательный аппарат), несущие винты которого осуществляют вращение диагонально в противоположных направлениях. Данный вид БПЛА, относящийся к классу лёгких с взлётной массой 5 — 50 кг и дальностью полёта 10 - 70 км, получил распространение только в последнее время в связи с прогрессом в электронике и удешевлением производства малогабаритных электронных устройств, применяемых в системах управления его полётом.

Основным назначением лёгких БПЛА является мониторинг земной поверхности, однако они могут быть использованы для проведения лётных испытаний малогабаритных приборных комплексов летательных аппаратов различного назначения, что значительно облегчает процесс практической отработки данных устройств.

Целью настоящей работы является проведения анализа состояния вопроса в области исследования технических характеристик приборного оборудования в процессе лётных испытаний с использованием лёгкого беспилотного летательного аппарата. В докладе рассматриваются : состав бортового оборудования БПЛА, его технические характеристики, схема подключения оборудования, основные принципы управления октокоптером [ 1 ], а также приводятся сведения по процедурам управления полётом беспилотного летательного аппарата.

В результате проведённых исследований были отработаны основные принципы управления полётом октокоптера, в частности режимы висения, управления креном, тангажом и рысканием [2], практически опробована разработанная методика лётных испытаний приборных комплексов с использованием БПЛА на примере малогабаритной системы управления полётом летательного аппарата, устанавливаемой на специальной платформе, закреплённой на раме октокоптера.

В докладе рассматриваются, также, последовательность операций разработанной методики испытаний, приводятся результаты испытаний, даются рекомендации по практическому использованию результатов проведённых исследований.

Список используемых источников:

1. Моделирование и исследование процессов управления квадрокоптером / В. Е. Павловский, С. Ф. Яцун, О.В. Емельянова, А.В. Савицкий // Робототехника и техническая кибернетика. — 2014. — № 4 (5). — С.49–57.

2. Бурдаков С.Ф. Управление квадрокоптером при полётах с малыми и средними перегрузками : монография / С. Ф. Бурдаков, А. О. Марков — Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2016. — 259 с.

## **Основные типы пропеллеров современных малогабаритных мультикоптеров**

Назин В.Д., Бермагамбетов А.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

В настоящее время для решения различных прикладных задач всё большее распространение получают беспилотные летательные аппараты (БПЛА), для которых присутствие пилота на борту не является обязательным условием полёта. Они управляются в процессе полёта с помощью системы управления на основе информации, получаемой с помощью датчиков, которая преобразуется в командные сигналы по алгоритмам, реализуемым программным обеспечением. Необходимая информация для совершения полёта БПЛА воспринимается приёмниками, а связь с пунктом управления полётом осуществляется с помощью передатчиков, входящих в комплекс бортового оборудования данного летательного аппарата.

Одним из видов БПЛА является мультикоптер, характерным отличием которого от других БПЛА служит наличие более, чем трёх несущих винтов. Несущие винты (пропеллеры) в значительной степени определяют полётные характеристики БПЛА и эффективность работы его двигателей в целом. От вида пропеллеров зависят скорость реакции системы управления полётом БПЛА на внешние воздействия, скорость выполнения команд, эффективность затрат энергии на решение полётных задач.

Значительный объём в настоящее время среди применяемых БПЛА занимают аппараты, имеющие габаритные размеры в пределах (0,3 — 0,5) метров, которые широко используются для мониторинга местности и передачи на пункт управления полётом координат наблюдаемых объектов. Целью данной работы является анализ конструктивных особенностей различных видов пропеллеров двигателей БПЛА, применяемых в отечественных и зарубежных разработках, и их влияние на технические характеристики данных летательных аппаратов в целом.

В работе рассмотрены, в частности, широкие пропеллеры с двумя лопастями, которые наиболее эффективны для использования в поисково-спасательных и курьерских мультикоптерах, от которых не требуется в процессе полёта избыточной маневренности, и в то же время важным показателем таких аппаратов являются их энергетические затраты. Для скоростных мультикоптеров, более эффективным является применение небольших тонких пропеллеров с большим количеством лопастей, так как у них важным показателем является быстрый набор скорости полёта.

На основании проведённых исследований в докладе формулируются основные рекомендации по использованию пропеллеров, имеющих определённые конструктивные особенности, в мультикоптерах различного назначения.

## **Экспериментальная отработка БЛА**

Неприятелев Н.С., Тютюкова Ю.В.  
Научный руководитель — Серебряков А.С.  
МАИ, Москва

Испытания БЛА — это важнейшая форма создания и/или модификации БЛА. Основной целью испытания является достоверное определение и всесторонняя оценка параметров и характеристик испытываемых БЛА, и доведение их до значений, заданных в нормативно-технических документах.

Укрупненно фазу испытаний обычно представляют в составе двух этапов: первый — опытная (экспериментальная) отработка БЛА; второй — контроль и принятие решений.

Опытная отработка состоит в целенаправленном изменении (доработке) конструкции и управления БЛА, что обеспечивает работоспособность и требуемые свойства БЛА, важнейшими из которых являются надёжность и эффективность. При этом экспериментальная отработка рассматривается как совокупность научных, технических и организационных мероприятий, направленных на получение экспериментальной информации о качестве и надёжности элементов БЛА, а также об эффективности функционирования комплекса в целом.

Экспериментальная отработка параметров проводится в реальном процессе функционирования БЛА, или при имитации условий функционирования, или при воспроизведении воздействий на БЛА по заданной программе. Во время таких испытаний имитируются основные условия полёта. Кроме того, отдельные системы БЛА могут проходить автономные испытания, которые позволяют накопить статистический материал (в частности, по надёжности). Во время опытной отработки БЛА и его системы претерпевают изменения, вносимые как после отдельных, как правило, неудачных испытаний, так и после определенного этапа испытаний.

Поскольку испытываемые БЛА имеют высокую стоимость, то непосредственное определение оценок функционирования часто бывает неэффективно (особенно с учётом доработок). Поэтому программы испытаний дорогостоящих или сложных элементов изделия должны предусматривать косвенные методы оценок функционирования с использованием математических моделей работы исследуемого объекта. Использование программ, связывающих легко измеряемые параметры (давление, перемещение, напряжение и т.д.) с обобщенными характеристиками системы, позволяют исключить прямые измерения некоторых из этих характеристик (например, надёжности).

Основной объем отработки с помощью экспериментальных средств (стендов, установок, моделей и т.п.) должен быть выполнен до начала натурных испытаний в реальных условиях функционирования на полигоне, в том числе в процессе лётных испытаний. Натурным испытаниям комплекса должно предшествовать лабораторное имитационное моделирование систем в соответствии с требованиями модельно-ориентированного подхода (МОП).

Таким образом, испытания неразрывно связаны с процессом проектирования, конструирования и производства БЛА и представляют одну из неотъемлемых и важнейших его фаз.

Практика показывает, что наземная и летная отработка БЛА является важным фактором, определяющим стоимость, сроки разработки проектируемых изделий и надёжность создаваемого образца. Поэтому задача сокращения сроков разработки и стоимости проектируемых БЛА в значительной степени сводится к задаче оптимального планирования испытаний т.е. к задаче определения оптимального объёма, содержания и последовательности испытаний.

Список используемых источников:

1. Афанасьев П.П., Буркин В.В., Герашенко А.Н. Голубев И.С., Доронин В.В., Кириллов И.П. «Испытания летательных аппаратов (беспилотные летательные аппараты). МАИ(НИУ) ОАО «МКБ «Факел» им. Академика П.Д. Грушина». 2015г

## Технико-экономические аспекты применения автономной станции базирования БЛА

Овчинникова А.В., Акилов М.С.

Научный руководитель — Калягин М.Ю.

МАИ, Москва

На сегодняшний день различные виды БПЛА широко применяются для решения многочисленных видов задач мониторинга и сервиса, среди которых наблюдения за территориями, поиск неисправностей промышленных объектов, аэрофотосъёмка, предотвращение пожаров, охрана природы, доставка предметов, ретрансляция и многие другие.

Как правило, используются БПЛА мультикоптерного типа, недостатком которых является высокая стоимость в обслуживании и обучении нового персонала по обращению с данным аппаратом. Высокая стоимость обслуживания, в свою очередь, ограничивает доступ большинства потенциальных потребителей к подобным БПЛА.

Для решения данной проблемы были спроектированы станции подзарядки автоматического типа, позволяющие автоматически подзаряжать летательный аппарат или менять аккумуляторную батарею с дальнейшей её подзарядкой. Такой подход позволяет практически непрерывно использовать БПЛА без человеческого вмешательства. Комплекс может работать автономно и бесперерывно. Использование человеческого ресурса в данном случае необходимо только для проверки и частичного обслуживания данного комплекса, проведение которых может быть организовано лишь один раз в несколько недель.

Наиболее развивающимися сферами применения подобных станций базирования совместно с БЛА являются доставка товаров и промышленный контроль (и охрана). Опрос жителей Москвы и Московской области (то есть регионов, на которые приходится самое большое число доставок в день среди остальных регионов России) показал, что более 80% участников готовы были бы выбрать в качестве одного из удобных способов доставки доставку путём применения БПЛА. Однако опрошенные отмечали, что необходимо выполнение определённых требований для уверенности в целости груза.

Для интеграции станций необходимо создание специального программного обеспечения, ключевыми функциями которого являются:

- Точная посадка;
- Интеграция ПО для зарядных станций дронов;
- Планирование миссий;
- Интеграция полезной нагрузки и стороннего ПО.

Например, платформа FlytNow использует мощную технологию для посадки дронов на станцию с точностью до сантиметра, путём применения модулей компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Модуль можно обучить приземляться как на движущиеся, так и на неподвижные поверхности, поскольку он построен с использованием высокоточных алгоритмов.

Станции с самозарядкой и внутренними системами климат-контроля помогают поставщикам услуг БПЛА эффективно управлять парком БПЛА и повышать доступность в самых разных условиях. Эти современные станции формируют прочную основу для полной автоматизации БПЛА. Любой желающий может планировать сложные повторяющиеся миссии для своих дронов несколькими щелчками мыши. Эти миссии, основанные на маршрутных точках, выполняются автоматически в установленные дату и время после отправки сообщений пилотом за несколько минут до взлёта.

Рынок автономных станций подзарядки постоянно растёт. В настоящий момент многие компании мира уже создали или находятся в процессе создания наиболее точной и удобной станции. На базе МАИ также существует своя автономная станция, работающая на контактной основе. Для поддержки различных моделей дронов она обладает проводящей системой зарядки рого и планками для центрирования дрона.

Наличие такой станции в МАИ позволяет оценить эффективность их применения, конструкционные особенности, а также сделать вывод об экономической выгоде использования подобных изделий.

Список используемых источников:

1. PROXIMA|Официальный поставщик данных дистанционного зондирования. Электронный ресурс URL: [https://gisproxima.ru/7\\_dock\\_stantsiy\\_dlya\\_dji](https://gisproxima.ru/7_dock_stantsiy_dlya_dji) (дата обращения 22.02.2023 года)

## **Формирование требований по обеспечению прочности при разработке и сертификации беспилотных авиационных систем (БАС)**

Писарев В.Д.

Научный руководитель — Макаров А.Д.

ЦАГИ, Жуковский

В настоящее время индустрия беспилотных авиационных систем (БАС) стремительно развивается, находя все большее применение как в гражданской, так и в военной областях. По прогнозам экспертов объем мирового рынка БАС к 2035 году составит более 200 млрд. долларов. Несмотря на это, развитие беспилотной авиации в России сталкивается с рядом трудностей, главными из которых являются отсутствие установившейся нормативно-технической базы и процедуры сертификации таких систем. Сертификация проходит по авиационным правилам для самолетов и вертолетов, что крайне невыгодно. Отсутствие людей на борту является одним из ключевых аспектов безопасности беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), за счёт чего лётные требования к ним могут быть смягчены.

На сегодняшний день в России имеются несколько стандартов по БАС, а также два документа норм лётной годности для БПЛА самолетного типа до 5400 кг и вертолетного типа до 750 кг. Проведенный анализ международного опыта в данной сфере показал, что, например, в организации НАТО для сертификации БАС используется всего несколько стандартов, главными из которых являются STANAG 4702, STANAG 4703, STANAG 4746 и STANAG 4671. Требования к лётной годности в этих документах в некоторых позициях более лояльны к обеспечению надёжности БПЛА. Например, коэффициент безопасности в российских нормах лётной годности равен 1,5, в то время как в STANAG этот же показатель в определённых случаях равен 1,25 [1,2].

Ввиду вышесказанного, цель данной работы заключается в формировании ключевых требований по обеспечению прочности и надёжности БАС, а также основных пунктов их сертификации, которые будут гармонизированы с существующими отечественными и международными стандартами.

Список используемых источников:

1. ROTARY WING UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS AIRWORTHINESS REQUIREMENTS. AEP-80. NATO STANDARD. — Ed. B. — Ver. 1. — 2016.

2. Нормы лётной годности беспилотных авиационных систем с беспилотным воздушным судном вертолетного типа с максимальной взлетной массой до 750 кг НЛП БАС ВТ. Москва, 2023.

## **Прототип программно-аппаратного средства определения границ посадочной полосы на основе машинного зрения**

Плешаков И.А.

Научный руководитель — Кивва Н.Ю.

МБУ ДО ДДТ «Изобретариум», Реутов

Введение

В данной работе представлено распознавание образа взлётно-посадочной полосы путём применения фильтра для определения конкретного цвета и управления беспилотным летательным аппаратом до его приземления. Данное устройство может быть применяться на

гражданских судах, когда следует приземлиться по глиссаде с помощью пилота или без него на беспилотных летательных аппаратах.

Анализ существующих решений

В настоящее время французский авиастроительный концерн Airbus SE разработал прототип устройства, которое способно выделять взлётно-посадочную полосу на фоне окружающей среды. В данной же работе был продемонстрирован метод распознавания, основанный на выделении определённых цветов из общего изображения, что позволяет достичь высокой скорости работы и гибкой системы настройки. Кроме того, для корректировки курса используется нейронная сеть One-stage detector, основанная на архитектуре YOLOv5.

Содержание работы

Для данной работы был использован микрокомпьютер Raspberry pi 4, который имеет операционную систему Raspbian, а также программную библиотеку OpenCV в качестве основной. Кроме того, в процессе работы были задействованы различные вспомогательные модули. Распознавание образов осуществляется при помощи библиотек OpenCV и Qt5, которые выделяют установленный спектр цветов и используют его для ориентации. Для получения видео использовалась камера, подключенная к микрокомпьютеру Raspberry pi 4. Полученный материал обрабатывается нейронной сетью в реальном времени с наложением фильтра на определенные цвета. Анализируя выходное изображение, вычисляются координаты центра объекта — взлётно-посадочной полосы. Затем на основе координат из центра объекта вычисляется траектория для посадки летательного аппарата. В дополнение к основной части, вспомогательная нейронная сеть используется для корректировки курса, но работает только небольшими промежутками времени с интервалом в одну секунду для оптимизации использования ресурсов микрокомпьютера.

Итоги

Путём внедрения фильтра для организации цветовой классификации удаётся обнаруживать объекты с помощью специального устройства. При этом, после успешного прохождения испытаний, опытный образец был установлен на колёсную платформу.

Планируемые доработки

В планах — переместить ОС с нейронной сетью на более продвинутый микрокомпьютер типа Nvidia Jetson Nano, улучшить качество камеры с более высоким разрешением и чувствительностью к цвету, а также разработать прототип летающего устройства на основе квадрокоптера COEX Clever 4.

Список используемых источников:

1. Данеко А. И. «Применение современных интегрированных информационных технологий в моделировании авиационных робототехнических систем» [Электронный ресурс]. ISBN: 978-5-7035-2203-5

2. Бишоп К. М. «Распознавание образов и машинное обучение» [Электронный ресурс]. ISBN: 978-5-907144-55-2

3. «HSV2RGB Class Reference» [Электронный ресурс].

## **Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной промышленности**

Сосова Д.Д., Иванчиленко В.С.

Научный руководитель — к.т.н. Калягин М.Ю.

МАИ, Москва

В настоящее время практически в любой сфере промышленного производства существует тенденция на использования наиболее современных и прогрессивных методов изготовления различных изделий, и авиационная отрасль промышленности не является исключением.

Это связано со стремлением не только повысить надёжность и качество изготавливаемой продукции, но и снизить как стоимость её производства, так и количество ресурсов, на это производство затрачиваемых.

Аддитивные технологии, в отличие от традиционных, являются значительно более экономически выгодными и ресурсоемкими способами изготовления изделий, поскольку представляют собой технологию производства, основанную на поэтапном формировании трёхмерного объекта путём последной добавления материала на основу.

В случае давно известных традиционных технологий производства таких изделий возникает необходимость либо в отсечении всего «лишнего» у заготовки для будущего изделия, если используется метод фрезерования или точения, либо в создании дополнительных форм для литья или штампов для штамповки. При этом на эти классические способы формообразования накладываются существенные ограничения на сложность геометрии деталей. Очевидным становится, что эти процессы изготовления проигрывают и в ресурсоемкости, и в трудоемкости.

С помощью аддитивных технологий появляется возможность избавиться от этих недостатков традиционных способов формообразования, поскольку материал расходуется более рационально, отсутствует необходимость в создании дополнительных форм и штампов, и, зачастую, отсутствует необходимость в проведении финишной обработки готового изделия. Более того, такой метод производства практически не ограничивается сложностью геометрии изготавливаемого объекта, а это означает, что появляется возможность оптимизации его форм с точки зрения заданных условий эксплуатации.

Оптимизация формы изделий также является краеугольной задачей для авиационной промышленности, поскольку это напрямую связано с массами изделий. Ещё на заре аэрокосмической эры инженеры уже боролись с каждым лишним граммом конструкции летательного аппарата, чтобы в конечном итоге увеличить его потенциальную полезную нагрузку. Теперь на помощь разработчикам приходят автоматические алгоритмы усовершенствования конструкций — так называемые алгоритмы топологической оптимизации, позволяющие получить рациональные формы изделия исходя из его функционального назначения при заданных действующих нагрузках и ограничениях.

В данной работе рассмотрено изготовление детали с применением аддитивных технологий на примере печати на 3D-принтере авиационного кронштейна с использованием топологической оптимизации в различных CAD-системах с целью проведения сравнительного анализа характеристик как исходной заготовки и полученной оптимизированной детали, так и характеристик оптимизированных деталей, полученных в рассмотренных программных комплексах автоматизированного проектирования.

Обнаружено, что алгоритмы топологической оптимизации позволяют значительно снизить массу исходных изделий с сохранением прочностных свойств. При снижении массы исходной модели авиационного кронштейна в среднем на 80% удалось достичь приемлемых значений коэффициента запаса прочности: 1,4 в CAD-системе Solidworks, 1,8 в CAD-системе ANSYS, при исходном значении запаса прочности 4,4.

Также было определено, что возможности изготовления полученных тел серьезно ограничены при использовании традиционных методов производства ввиду их сложной геометрии, а это означает, что в этом и подобных ему случаях возникает существенная необходимость применения аддитивных технологий для производства таких изделий.

## **Обучающий программируемый квадрокоптер «SmartEduDrone»**

Сухарев Э.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лалабеков В.И.

МАИ, Москва

Наступила эпоха цифровизации: многие процессы автоматизируются, ручной труд заменяется роботами. Технологии активно развиваются, и летающая робототехника не исключение.

Специалисты в области БПЛА очень востребованы, присутствует острый дефицит кадров. Для подготовки будущих специалистов необходимо создать материально-техническую базу. Для решения этой острой проблемы разработан конструктор обучающего квадрокоптера SmartEduDrone с методическим пособием.

Обучающий квадрокоптер «SmartEduDrone» имеет функцию программирования автономного полёта квадрокоптера в помещении, для безопасности оснащён полноценной защитой пропеллеров. К квадрокоптеру разработано методическое пособие по сборке, настройке и программированию квадрокоптера с примерами программных кодов.

Квадрокоптер имеет модульную конструкцию. Модульная конструкция позволяет производить многоцветную сборку/разборку устройства, что дает возможность использовать это в обучающих целях. Программирование автономного полёта осуществляется с помощью установленного микрокомпьютера Raspberry Pi Zero 2W (RPI), который установлен на раму квадрокоптера.

Разработанная рама из стеклотекстолита предусматривает крепеж под: полётный контроллер, регулятор 4 в 1, 4 мотора Mamba Тока 1404 3000kv, камеру для RPI, лазерный дальномер V15311x — все эти элементы устанавливаются на раму посредством винтового соединения. Защита и ножки (шасси) устанавливаются на раму посредством защелкивающегося соединения. Микрокомпьютер Raspberry Pi Zero 2w устанавливается в крепеж — кейс, который в свою очередь устанавливается на раму посредством защелкивающегося соединения.

Моторы соединяются с регулятором оборотов посредством паячного соединения, лазерный дальномер и камера подключаются к микрокомпьютеру RPI, микрокомпьютер RPI с регулятором оборотов и приемником радиуправления подключаются к полётному контроллеру.

Некоторые технические характеристики:

-габаритный размер 219x219x75 мм

-масса без полезной нагрузки — 0.227 кг

-максимальная взлётная масса — 0.345 кг

-дальность радиуправления — 100 м

-максимальная скорость полёта без полезной нагрузки ~65 км/ч

-время полёта ~ 8мин

-стоимость комплектующих (себестоимость квадрокоптера) — 42000 рублей.

-Температура эксплуатации — от -10 до +30 °С

Созданный обучающий квадрокоптер «SmartEduDrone» отличается небольшими размерами, модульной конструкцией и низкой себестоимостью, оснащён защитой пропеллеров, при этом является программируемым.

В дальнейшем планируется увеличение мощностей производства учебно-методического пособия по летающей робототехнике и дальнейшее развитие проекта в сотрудничестве со школами и учреждениями дополнительного образования в России.

Список используемых источников:

1.Яценков В.С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. — СПб.: БХВ — Петербург, 2017. — 256 с.: ил.- (Электроника). ISBN 978-5-9775-3586-1.

2. ROS.org// Wiki:ROS. — [Электронный ресурс]. — 2020. — URL: <https://wiki.ros.org/ROS/Tutorials> (дата обращения 15.12.2022).

## **Разработка литий-ионных аккумуляторных систем для беспилотных летательных аппаратов**

Титов П.В.

Научный руководитель — Житников А.П.

АО НИИАИ «Источник», Санкт-Петербург

Проектирование современных аккумуляторных систем для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) часто связано с решением многих конструктивных и функциональных задач. Например, обеспечение высокой энергоёмкости, работоспособность в широком диапазоне температур, обеспечения долговечной и безопасной эксплуатации аккумуляторов.

Для выполнения условий безопасной эксплуатации литиевых аккумуляторных систем необходимо реализовать следующие функции:

1. Обеспечить защиту аккумуляторов от перезаряда и переразряда. Необходимо контролировать напряжение аккумуляторов в аккумуляторной системе. Напряжение аккумулятора должно быть в диапазоне напряжений, установленных производителем. Перезаряд или переразряд аккумуляторов может привести к их деградации и другим последствиям.

2. Обеспечить защиту аккумуляторов от превышения максимального тока нагрузки и тока заряда. Необходимо контролировать ток, протекающий в аккумуляторной цепи и в случае превышения — своевременно отключать аккумуляторную батарею от потребителя или зарядного устройства, или выдать соответствующее предупреждение.

3. Обеспечить эксплуатацию аккумуляторов в допустимом диапазоне температур. Важно своевременно корректировать параметры и функции аккумуляторной системы в условиях влияния различных температур. Например, необходимо ограничивать заряд аккумуляторов при отрицательной температуре, а также не допустить их перегрева. Контроль температуры осуществляется за счёт термодатчиков и контроллера. Обеспечение потребителя необходимой мощностью при отрицательных температурах может потребовать наличие системы предварительного обогрева аккумуляторов до необходимой температуры.

4. Обеспечение оптимального режима заряда аккумуляторной системы. Литиевые аккумуляторы необходимо заряжать двухступенчатым режимом, состоящим из ступени постоянного тока (CC) и ступени постоянного напряжения (CV). Ток заряда должен быть установлен технической документацией производителя аккумулятора. В процессе заряда аккумуляторной системы важно обеспечить балансирование аккумуляторов, это позволит увеличить ресурс и зарядную емкость аккумуляторной системы.

Помимо вышеуказанного, имеются и другие критерии, влияющие на безопасность и долговечность аккумуляторной системы. Выполнение данных функций обеспечивается системой автоматического управления (САУ). САУ аккумуляторной системы может иметь также необходимые интерфейсы связи для передачи информации о текущем состоянии аккумуляторов во внешнюю систему.

Также, при проектировании аккумуляторной системы БПЛА, необходимо решить ряд конструктивных проблем для обеспечения технических требований к изделию. Например, такими проблемами могут быть:

1. Расчетная масса аккумуляторной системы превышает массу, установленную техническими требованиями. В данном случае, одним из вариантов решений является изменение материалов деталей на материалы с большей твердостью и меньшей массой, например, детали из углепластика.

2. Время разряда опытного образца меньше расчетного времени. Необходимо учитывать, что в определенных случаях, нагрузка, подключаемая к аккумуляторной системе, потребляет постоянную мощность, а не постоянное значение тока. В связи с этим, по мере разряда аккумуляторной системы и соответствующего падения напряжения, увеличивается ток разряда, а потребляемая мощность остается неизменной.

3. Аккумуляторная система перегревается в процессе разряда значительной мощностью. При проектировании аккумуляторной системы необходимо понимать, что при разряде аккумуляторов большой мощностью происходит их саморазогрев, а если аккумуляторы расположены вплотную друг к другу в закрытом корпусе, то они начинают нагревать друг друга. Это приводит к тому, что аккумуляторная система может нагреваться на 50-60% быстрее, относительно отдельно разряжаемого аккумулятора.

Результатом проектирования оптимальной конструкции аккумуляторной системы БПЛА является учет всех возможных условий эксплуатации, прогнозирование критических моментов, а также подбор соответствующей электрохимии аккумуляторов.

## **Формирование и совершенствование процедур поддержания лётной годности беспилотных воздушных судов с использованием методов имитационного моделирования**

Филатова Я.А.

Научный руководитель — к.т.н. Самуленков Ю.И.

МГТУ ГА, Москва

Этапы проектирования, изготовления, сертификации и эксплуатации беспилотных авиационных систем представляют собой единую, взаимосвязанную систему и направлены на обеспечение и поддержание лётной годности [1]. В связи с этим, для научно обоснованного подхода при разработке процедур поддержания лётной годности беспилотных воздушных судов, создания программ технического обслуживания и систем управления безопасностью полётов требуется разработка методов расчёта объёма и периодичности плановых работ, оценки рисков при производстве полётов. Также особое значение при поддержании лётной годности приобретают вопросы, связанные со специальным техническим обслуживанием беспилотных воздушных судов (производство и замена компонентов планера самолёта, элементов шасси и др. в условиях эксплуатации).

Требования к лётной годности беспилотных авиационных систем и к охране окружающей среды устанавливаются в первую очередь нормами лётной годности, утвержденными Федеральным агентством воздушного транспорта. Эксплуатант должен обеспечить поддержание лётной годности беспилотных авиационных систем в состоянии, соответствующем требованиям эксплуатационной документации и воздушного законодательства Российской Федерации.

В процессе технической эксплуатации авиационной техники допускается изготовление деталей, сборочных единиц и компонентов в соответствии с эксплуатационной документацией воздушного судна. Эксплуатант, при наличии Сертификата разработчика, может проводить модернизацию, усовершенствования конструкции при соответствующем уровне поддержания лётной годности.

Для решения этой задачи, в данной работе предлагаются процедуры расчёта планера беспилотных воздушных судов самолетного типа, в первую очередь крыла с использованием композитных материалов, замену частей планера с учётом выполнения требований эксплуатационной документации.

Разработчик авиационной техники предоставляет эксплуатанту информацию для планирования технического обслуживания. Например, разработчик и изготовитель авиационной техники АО «НЦВ им. М.Л. Миль и Н.И. Камова» 28.12.2022 получил первый сертификат типа ограниченной категории у нас в стране для Беспилотной авиационной системы БАС-200 № FATA-010130U-RC. В разделе «Типовая конструкция» Карты данных сертификата типа приведена информация для планирования технического обслуживания ИПТО № BAS200-AC61F-MP100, утвержденная Главным конструктором АО «НЦВ Миль и Камов» от 20.12.2022 г. На основе данного документа авиационная Организация должна разработать Программу технического обслуживания БАС-200. Для выполнения этой задачи, в том числе для беспилотных воздушных судов самолетного типа, могут использоваться различные методы и методики.

Одним из ключевых факторов, влияющих на поддержание лётной годности, являются режимы технического обслуживания воздушных судов. Определение объёма и периодичности технического обслуживания авиационной техники требуют научного подхода и различных методов. Одним из таких методов являются марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем.

В данной работе предлагается использовать вероятностно-статистические модели многокомпонентных систем на основе марковских процессов, которые позволяют оценивать влияние различных факторов на процессы, обеспечивающие соответствие беспилотных авиационных систем требованиям к лётной годности и к охране окружающей среды и поддержание их в состоянии, соответствующем требованиям эксплуатационной

документации и воздушного законодательства [2], [3]. В первую очередь это позволяет оценить объем и периодичность работ по техническому обслуживанию беспилотных воздушных судов, и влияние на них случайных факторов.

Таким образом, в данной работе:

- Предложены мероприятия по совершенствованию процедур поддержания лётной годности беспилотных воздушных судов с разработкой методик расчёта и изготовления элементов планера беспилотных воздушных судов самолетного типа;
- Разработан алгоритм и программа моделирования системы поддержания лётной годности беспилотных воздушных судов «СИСТЕМА ПЛГ ВАС» в среде Visual Studio Code на языке C++, позволяющая усовершенствовать процедуры поддержания лётной годности беспилотных воздушных судов и обеспечить инженерно-авиационную службу авиапредприятий инструментом для решения прикладных задач.

Список используемых источников:

1. Распоряжение Правительства РФ от 5 октября 2021 г. № 2806-р Об утверждении Концепции и плана реализации Концепции интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство РФ в части развития технологий.
2. Самуленков Ю.И., Филатова Я.А., Грузд А.Д. Построение имитационной математической модели системы технического обслуживания воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА Том 24, №4, август 2021.
3. Самуленков Ю. И., Кириллова Н. Б., Далецкий С. С., Рогозин Р. М. Организационно-технические аспекты обеспечения лётной годности беспилотных воздушных судов Научный вестник ГосНИИ ГА № 39 Москва 2022, с. 60–71.

## **Разработка модели оптимального маршрута беспилотного летательного аппарата для мониторинга пожаробезопасности**

Хаерова Э.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бикмуллина И.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Важным этапом в запуске беспилотного летательного аппарата является задача нахождения оптимального маршрута, который позволит находить очаги возгорания в кратчайшие сроки и предотвращать масштабы катастрофы в опасных участках [1,2].

В работе предложены основные этапы для эффективной реализации методов решения задач обнаружении пожаров в лесном хозяйстве в труднодоступных местах. В работе показано, что лучшим методом передвижения дрона является полет по спирали, начиная с её внутренней части. Это позволит избежать хаотичности в движении и проверки одного и тоже участка повторно в произвольном порядке (без указания оператора или системы оповещения). На основе этого был предложен и решен ряд новых задач планирования маршрутов полёта БПЛА и разработан алгоритм движения квадрокоптера в труднодоступных местах. Разработанные модели оптимального маршрута беспилотного летательного аппарата для мониторинга пожаробезопасности позволят повысить качество принимаемых управленческих решений и ликвидировать лесной пожар в кратчайшие сроки.

Разработка алгоритмов оптимального планирования маршрутов полёта БПЛА позволит в будущем создать прототип программного средства. Для реализации предложенного программного средства был проведён анализ программных продуктов, используемых для создания ПО и управления квадрокоптером. Также в ходе работы выбрана программная платформа, которая позволит передавать команды квадрокоптеру с применением высокоуровневого программирования, что существенно упростит процесс разработки ПО [3].

Также в данной работе рассмотрены методы улучшения качества изображений с помощью JPEG преобразование, которые позволят вести анализ данных, полученных в сложных метеоусловиях.

В работе подробно рассмотрен алгоритм и метод решения задачи маршрутизации в труднодоступных местах. Приведен пример решения задачи маршрутизации, иллюстрирующий его работу.

Список используемых источников:

1. Логачев В.Г., Минин И.В. Метод стабилизации положения и управления квадрокоптером в пространстве с использованием данных инерциальных и визуальных сенсоров // *Фундаментальные исследования*. — 2015. — № 11. — С. 85–91.

2. Маршрутизация полёта легкого беспилотного летательного аппарата в поле постоянного ветра с учётом ограничения на продолжительность полёта // *Мехатроника, Автоматизация, Управление*. 2016. т. 17. № 3. с. 206 — 210

3. Node.js. Open-source сайт. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://nodejs.ru/>.

## **Замкнутое крыло как разновидность аэродинамической схемы для беспилотного экраноплана**

Чариков А.В., Кибардин Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Агаев Р.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Замкнутый (кольцевой) контур крыла позволяет реализовать большую дальность полёта в сравнении с другими компоновками летательных аппаратов, а значит и эффективно реализовывать транспортные задачи.

Замкнутое крыло — это компоновка с большой степенью интеграции общей конструкции воздушного судна, в которой части летательного аппарата выполняют сразу множество функций, что делает возможным реализовать малый вес конструкции с более выгодными аэродинамическими характеристиками и транспортной эффективностью, по сравнению с другими решениями [1].

Экранопланы — это высокоскоростные транспортные средства, которые поддерживаются в воздухе за счёт экранного эффекта (воздушной подушки), который образуется путём нагнетания воздушного потока, набегающего на низкой высоте [2].

Основные тактико-технические и транспортные преимущества экраноплана:

- Экологичность эксплуатации;
- Безопасность эксплуатации;
- Возможность базироваться и эксплуатироваться вне аэродрома;
- Круглогодичная эксплуатация;
- Повышенная полезная отдача.

Предлагается применить аэродинамическую схему замкнутое крыло для беспилотного экраноплана. На основе аналитического, а также математического моделирования создается виртуальная модель в программной среде «Компас 3D».

После выбора основных проектных параметров проектируемого беспилотного экраноплана, следует построение его 3D модели в программном продукте для последующего моделирования.

Разработанная модель экраноплана помещается в рабочую среду программы ANSYS Fluent с целью определения влияния внешней среды в условиях полёта, приближенных к реальным за счёт метода конечных элементов.

Данное моделирование производится с большим количеством повторений. По результатам моделирования видно, что на передних поверхностях образуются зоны разряжения и снижения вязкости потока. При этом зон обратного течения не наблюдается.

Для оценки беспилотного ударного экраноплана необходимо получение аэродинамического качества, как критерия преимущества над другими летательными аппаратами.

Беспилотные экранопланы позволяют увеличить экономическую отдачу по сравнению с воздушными судами сопоставимого взлетного веса и полезной нагрузки, за счёт высокого аэродинамического качества, которое влияет на эффективность аэродинамической

компоновки и, в конечном итоге, на расход топлива. Более того, экранопланам не требуются аэродромы со всей инфраструктурой, так как они эксплуатируются с воды.

Список используемых источников:

1. Рахмати, А. Аэродинамические характеристики замкнутого параболического крыла / А. Рахмати. — Киев, 2017. — 387 с.
2. Петров Г.Ф. Гидросамолеты и экранопланы России: 1910–1999 / Г.Ф. Петров. — Русавиа, 2000. — 246 с.

## **Переносное устройство контроля полётов легких беспилотных летательных аппаратов**

Черников А.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Посевин Д.П.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В силу широкого распространения беспилотной летательной техники, задача разработки автоматизированных систем обнаружения и предотвращения от несанкционированного доступа беспилотных летательных аппаратов на частные территории, охраняемые зоны, режимные территории и другие виды объектов становится актуальной. Также существует необходимость разворачивания временных систем защиты небольших площадей, например, во время проведения мероприятий на ограниченной местности. Таким образом встает вопрос о разработке маломощных мобильных переносных комплексов для контроля за перемещением малых беспилотных летательных аппаратов.

Проанализировав доступные источники информации о современных беспилотных летательных аппаратах и изучив информацию о средствах противодействия им [1], выяснилось, что подобные системы противодействия не пригодны для широкого применения, а также имеют очень высокую стоимость [2]. Таким образом разработка бюджетного портативного мобильного комплекса защиты является актуальной.

Для создания станции обнаружения беспилотных летательных аппаратов и автоматизации предотвращения их проникновения на небольшие территории [3] были проанализированы технические характеристики квадрокоптеров фирм DJI и Autel, от куда следует, что при ухудшении качества связи с квадрокоптером производится автоматический переход аппаратуры на запасной диапазон частот, используются координаты GPS/GLONASS для отслеживания траектории полёта, большинство моделей квадрокоптеров автоматически возвращаются в точку взлёта при пропадании связи с пультом управления по координатам GPS/GLONASS, а при отсутствии сигнала с приёмника GPS/GLONASS такие летательные аппараты осуществляют аварийную посадку.

В результате работы был спроектирован и реализован портативный маломощный аппаратный комплекс обнаружения присутствия легких квадрокоптеров, а также автоматического подавления их управления. В результате испытаний комплекс показал свою эффективность в радиусе не более 300 метров.

Список используемых источников:

1. Кришке А., Ротхаммель К. Антенны. Том 1 // Данвел. 2007
2. Шмаков С. Энциклопедия радиолобителя. Современная элементная база // Наука и Техника. 2012
3. Щелкунов С., Фрисс Г. Антенны. Теория и практика // Советское радио. 1955

## **Разработка устройства для управления беспилотным летательным аппаратом с помощью голосового ассистента**

Шмигирилов Н.В., Цекулс И.А.

Научный руководитель — Елизаров А.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Анализ современных вооруженных конфликтов, происходящих в мире, показывает повсеместную роботизацию средств ведения вооруженной борьбы и активное применение различных комплексов с беспилотными летательными аппаратами (БЛА) для выполнения широкого спектра задач.

Для управления БЛА применяются различные способы, среди которых различают ручной, автоматизированный и автоматический [1]. Данные способы и их преимущества и недостатки широко известны, что определяет поиск новых способов управления, направленных на повышение эффективности управления, и, как следствие увеличение вероятности выполнения поставленной задачи, в том числе с применением интеллектуальной системы управления.

Под интеллектуальной системой понимается объединенная информационным процессом совокупность технических средств и программного обеспечения, работающая во взаимосвязи с человеком (коллективом людей) или автономно, способная на основе использования сведений и знаний при наличии мотивации синтезировать цель, вырабатывать решение о действии и находить рациональные способы её достижения [2].

Таким образом в интеллектуальной системе роль программного обеспечения будет выполнять голосовой ассистент.

Голосовой ассистент состоит из двух многоуровневых нейросетей, в совокупности, направленные на регистрацию команд и слов-активаторов из речи оператора-опонента, путём фиксации голосового потока и дальнейшего его дешифрации, и дефрагментации, и сопоставления полученного элементарного массива слов с базовым набором слов-активаторов и команд, с учётом среднего лингвистического расстояния между ними. Полученное слово-активатор даёт разрешение основному алгоритму голосового ассистента на выполнение полученных команд.

Процесс распознавания речи оператора-опонента и процесс выполнения команд, проходит независимо друг от друга, за счёт применения разветвления алгоритма по потокам. Процесс выполнения команды выполняется в соответствии с жестким сопоставлением двух параметров, и не имеет допуска на погрешность, что делает выполнение команды однозначным и исключает запуск ошибочно-определенного алгоритма. Каждый алгоритм, имеет точное математическое описание поведения БЛА в пространстве.

Таким образом, разработка данного способа управления повысит технологичность и оперативность применения БПЛА, как гражданского, так и военного назначения.

Список используемых источников:

1 Замыслов М.А., Мальцев А.М., Мальцев М.А., Михайленко С.Б., Попов А.С. Модель формирования команд управления рулями беспилотного летательного аппарата при выполнении сложных пространственных манёвров //ВИНИТИ. Транспорт: наука, техника, управление. — 2017.- №8.

2 Аслаян А.Э. Системы автоматического управления полётом летательных аппаратов. Часть 1. — К.: КВВАИУ, 1984. — С. 137, 435 с.

# Направление №2 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки

## Секция №2.1 Теория и расчёт ДЛА

---

### Влияние величины сопротивления нагрузки на характеристики комбинированного источника энергии

Аристархов Д.А., Кондаков Е.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Онуфриев В.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В настоящее время функционирование бортовых энергоустановок (БЭУ) космических аппаратов (КА) основано на прямом преобразовании энергии (солнечной, тепловой) в электрическую. Для этой цели активно используются фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) и термоэлектрические генераторы (ТЭГ) [1, 2, 3]. Одной из задач является исследование комбинированных БЭУ и их совместной работы с нагрузкой, изменяющейся в широких пределах. В работе проведено исследование влияния сопротивления нагрузки на работу комбинированного источника питания ограниченной мощности, состоящего из ФЭП и ТЭГ при различных способах коммутации с нагрузкой.

Создан лабораторный стенд, позволяющий реализовывать прямое и встречное подключение ФЭП и ТЭГ при их последовательном и параллельном соединении. Внутреннее сопротивление источников: ФЭП —  $r_{ФЭП} = 10$  Ом, ТЭГ —  $r_{ТЭГ} = 3$  Ом. Максимальная мощность ФЭП —  $P_{ФЭП} = 2$  Вт, ТЭГ —  $P_{ТЭГ} = 0,5$  Вт. ЭДС источников: ФЭП —  $\varepsilon_{ФЭП} = 7$  В, ТЭГ —  $\varepsilon_{ТЭГ} = 2$  В. Сопротивление нагрузки меняется в диапазоне  $R_H = 0 \dots 800$  Ом.

Для последовательного соединения при прямом и обратном подключении номинальная рабочая точка соответствует внутреннему сопротивлению ФЭП и равна приблизительно  $r_{орт} \approx 10$  Ом [4]. При сопротивлении нагрузки  $0 < R_H < r_{орт}$  график зависимости  $N(R)$  представляет собой возрастающую логарифмическую кривую с точкой перегиба при  $R_H = (0,5 \dots 0,6) r_{орт} \approx 5$  Ом. При  $R_H > r_{орт}$  график зависимости  $N(R)$  представляет собой падающую логарифмическую кривую с точкой перегиба при  $R_H = (7 \dots 8) r_{орт} \approx 70$  Ом. При линейном увеличении средней температуры  $30 < \Delta T < 100$  °С на ТЭГ, ток короткого замыкания остается постоянным, а напряжение холостого хода линейно увеличивается  $5 < U_{хх} < 7$  В. Максимальная мощность комбинированного источника увеличивается пропорционально увеличению перепада температур на ТЭГ при нагрузках, больших номинальной и приводит к расширению эффективного диапазона работы.

Диапазон максимальных мощностей комбинированного источника при различных режимах работы и последовательном подключении  $0,8 < N_{max} < 1,6$  Вт. Линейное уменьшение расстояния от источника излучения до ФЭП приводит к квадратичному увеличению светового потока на ФЭП. При этом происходит квадратичное увеличение тока короткого замыкания в цепи комбинированного источника, а напряжение холостого хода практически не меняется. Увеличивая световой поток на ФЭП в 2 раза приводит к увеличению тока короткого замыкания с 0,5 А до 1 А.

При параллельном соединении ФЭП и ТЭГ при прямом и встречном подключении в точке максимальной мощности сопротивление комбинированного источника соответствует внутреннему сопротивлению ТЭГ и составляет приблизительно  $r_{орт} \approx 3$  Ом. При сопротивлении нагрузки

$0 < R_H < r_{орт}$  график зависимости  $N(R)$  представляет собой возрастающую логарифмическую кривую с точкой перегиба при  $R_H = (0,8 \dots 0,9) r_{орт} \approx 2,5$  Ом. При  $R_H > r_{орт}$  график зависимости  $N(R)$  представляет собой падающую логарифмическую кривую с точкой перегиба при  $R_H = (1,5 \dots 2) r_{орт} \approx 5$  Ом. Линейное увеличение средней температуры

ТЭГ приводит к пропорциональному увеличению тока короткого замыкания и напряжения холостого хода. Угол наклона ВАХ остается постоянным. При увеличении светового потока, попадающего на ФЭП ток короткого замыкания и напряжение холостого хода увеличиваются пропорционально. Встречное подключение также вызывает появление паразитных токов в контуре источников из-за разницы генерируемых ЭДС и внутренних сопротивлений, поэтому реальная мощность комбинированного источника на порядок меньше мощности ФЭП, работающего отдельно.

Максимальная мощность комбинированного источника при различных режимах работы и параллельном подключении  $0,4 < N_{\max} < 0,8$  Вт. Для последовательного подключения при сопротивлении в 50 Ом мощность падает в 2 раза относительно  $N_{\max}$ , а для параллельного при этом же сопротивлении мощность падает в 8 раз.

Список используемых источников:

1. Козлов Д.И., Аншаков Г.П. Конструирование автоматических космических аппаратов — Москва, Изд-во Машиностроение, 1996, 448 с.
2. Ивахненко С. Г. Введение в конструирование космических аппаратов. Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, 157 с.
3. Лазаренко Ю.В., Пустовалов А.А., Шаповалов В.П., Малогабаритные ядерные источники электрической энергии. Москва, Изд-во Энергоатомиздат, 1992, 208 с.
4. Демирчян К. С., Нейман Л. Р., Коровкин Н. В. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 1. — 4-е изд. СПб, Изд-во Питер, 2003, 463 с.

## **Исследование антикавитационных качеств метановых бустерных турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей**

Асеев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Афанасьев А.А.

АО КБХА, Воронеж

В настоящей работе предпринята попытка анализа влияния кавитационного запаса  $\Delta h$  на входе в насос и коэффициента режима  $q$  на процессы течения жидкости в бустерном турбонасосном агрегате горючего без учёта влияния растворённого газа. Также выполнена оценка возможности использования агрегатов водородного двигателя на двигателе, работающем на метане.

Кавитация в потоке жидкости возникает при понижении статического давления до давления насыщенных паров  $P_s$ . Реальная жидкость, как правило, не может воспринимать растягивающих усилий, и в определённых местах происходит нарушение сплошности с образованием пузырьков газа. Как только давление возрастает выше чем упругость насыщенных паров, пар конденсируется и каверны схлопываются, создавая сильный гидравлический удар. Кроме того, кавитация вызывает нарушение сплошности потока, что приводит к снижению напора, расхода и коэффициента полезного действия. Для предотвращения вышеизложенных явлений необходимо использовать ряд конструктивных приёмов, одним из которых является применение оседиагональных насосов.

Лопастные оседиагональные насосы необходимы для получения их высоких антикавитационных и энергетических характеристик. Подобные агрегаты имеют достаточно высокие значения числа Руднева  $Scr=3500...5000$  и величины коэффициента полезного действия  $\eta=0,75...0,82$ . Значение коэффициента быстроходности для них лежит в пределах  $ns=180...450$ . Данный тип насоса получил наибольшее распространение в аэрокосмической отрасли в качестве бустерных подкачивающих насосов в системах подачи топлива жидкостных ракетных двигателей [1].

В качестве объекта исследования рассмотрена проточная часть БТНА перспективного водородного двигателя, состоящая из оседиагонального колеса и спирального отвода, при работе на жидком метане. Отличительной особенностью колеса, рассмотренного в данной работе является малый угол установки лопаток на входе.

Часть исследования основывается на использовании моделирования процессов кавитации с помощью метода конечных элементов в САЕ системе Ansys. Данный программный пакет позволяет наглядно оценить и проанализировать процесс возникновения нарушения сплошности потока при использовании аналогичных насосов.

Для расчета характеристик насоса с помощью данной модели необходимо задать: входное давление, расход компонента, частоту вращения ротора. Расчёты с использованием данной модели производились на определённых режимах работы при изменении входных параметров  $P_{вх}$  и  $n$ . После вычислений для каждого случая определялась величина объёма, давление в котором снижалось ниже чем давление насыщенных паров, а также её отношение к объёму, который занимает антикавитационный участок оседагонального колеса. Далее по полученным данным строились графические зависимости:

- а) объёма занятого зоной, давление в которой ниже  $P_s$ , от кавитационного запаса;
- б) объёма занятого зоной, давление в которой ниже  $P_s$ , от коэффициента режима.

Анализ результатов матмоделирования показал следующие зависимости от входных параметров: объём зон пониженного давления при уменьшении входного давления до частоты вращения. Данные завихрения “зажимают” основной “активный поток” и влияют на его скорость, а значит, по уравнению Бернулли, на статическое давление.

В работе также был произведён анализ картины течения на входе в колесо, который показал зависимости формы и положения противотоков, возникающих у периферии от частоты вращения. Данные завихрения “зажимают” основной “активный поток” и влияют на его скорость, а значит, по уравнению Бернулли, на статическое давление.

Результаты, полученные в данном исследовании, хорошо коррелируют с данными указанными в работе [2], что свидетельствует о правильности проведения расчётов.

Вопросом дальнейшего исследования является учёт тепловых явлений и уточнение коэффициентов среды, входящих в модель турбулентности Релая-Плессета, которые позволят повысить точность дальнейших расчётов. Исследования в данном направлении способствуют сокращению количества натурных испытаний и временные затраты на них.

Список используемых источников:

1. Валохов С.Г. Высокооборотные лопастные оседагональные насосы: Теория, расчёт характеристик, проектирование и изготовление / Ю.В. Демьяненко, В.И. Петров.- Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1999. — 264 с.
2. Чебаевский В.Ф. Кавитационные характеристики высокооборотных шнеко-центробежных насосов / В.И. Петров — Машиностроение, 1973. — 152 с.

## **ПО для совместного расчёта двигателя и летательного аппарата**

Боранов А.А.

МАИ; ПК «Салют» АО «ОДК», Москва

Из года в год наблюдается расширение круга задач для современных летательных аппаратов. Например, появляются задачи связанные с применением ЛА для выведения спутников на орбиту. Перспективным решением такой задачи является ЛА с комбинированной СУ, так как запуск ЛА с таким двигателем будет возможен с аэродромов. Этот факт говорит о том, что в отечественном авиадвигателестроении необходимы дополнительные исследования и проработка ПО для совместного расчёта различных типов двигателей с летательными аппаратами.

Данная работа посвящена разработке ПО для совместного расчёта двигателя и летательного аппарата. Данная программа состоит из следующих модулей: модуль обработки входных данных, модуль решения СНАУ, модуль построения зависимостей вывода результата для его анализа.

В соответствии с современным подходом в разработке двигателя для ЛА общая задача формулируется следующим образом: при известных тактико-технических характеристиках определить сочетание параметров двигателя и ЛА, позволяющее при естественных физических ограничениях и энергетических затратах достичь потребных проектных и лётно-технических показателей.

Конечная цель состоит в том, чтобы определить такое сочетание параметров двигателя и летательного аппарата, которое позволит выполнить поставленные перед ЛА задачи.

В данный момент ПО осуществляет итерационный расчёт СНАУ и отсутствует модуль построения зависимостей вывода результатов. ПО показало достоверность проводимых расчётов в сравнении с имеющимися программами полётов.

Список используемых источников:

1. С.В. Румянцев, В.А. Сгилевский. Системное проектирование авиационного двигателя. — М.: Изд-во МАИ, 1991. — 80 с.
2. А.А. Лебедев, Л.С. Чернобровкин. Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, переработанное и доп. М., «Машиностроение», 1973, 616 с.
3. О.К. Югов, О.Д. Селиванов. Согласование характеристик самолёта и двигателя. М., «Машиностроение», 1975, с. 204.

## **Исследование режимов работы модели вихревой противообледенительной системы для ГТУ**

Бумагин Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веретенников С.В.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Энергетические газотурбинные установки (ГТУ) эксплуатируются в различных климатических условиях. В некоторых районах нашей страны число дней с температурой от 5 °С до -5 °С и относительной влажностью 80÷100 % в составляет до 70-80 % в месяц. Это представляет серьезную опасность для входных устройств энергоустановок по причине возможного обледенения конструктивных узлов, что может привести к аварийной остановке, помпажу, и к выходу из строя всего осевого компрессора. Проблема защиты входных устройств ГТУ от обледенения представляет интерес для наземных энергетических машин, работающих в качестве привода в различных отраслях энергетики.

Одним из вариантов противообледенительной системы (ПОС), использующей внедрение подогрева элементов газотурбинных установок, подверженных оседанию влаги, является система, использующая вихревую трубу, реализующую эффект Ранка-Хилша, заключающийся в разделении потока входящего газа на горячие и холодные массы газа. В этом случае вихревая труба встраивается в лопатку входного направляющего аппарата компрессора. Реализация эффекта температурной стратификации позволяет дополнительно подогреть поверхность лопатки на 60÷100°С. Известные исследования вихревых труб не содержат исчерпывающей информации о влиянии длины камеры энергоразделения на эффекты подогрева, что не позволяет эффективно проектировать такие ПОС. Цель работы заключается в исследовании зависимости эффекта подогрева от длины камеры энергоразделения. С помощью технологий 3D-печати созданы корпусные элементы разборной конструкции вихревой трубы. Для обеспечения условий адиабатности произведена теплоизоляция камеры энергоразделения минеральной ватой.

Для сравнения различных вариантов длины камеры энергоразделения экспериментальные исследования проведены при различных значениях относительного давления на входе  $\pi$  и относительной доле охлажденного потока  $\mu$ , равной отношению расхода на выходе охлажденного потока к расходу на входе в модель. При давлении на входе 0,4 МПа видна существенная разница между трубами длиной 6, 9 и 12 калибров: наибольшее снижение эффективности подогрева наблюдается для вихревой трубы с 6-калибровой камерой энергоразделения. Для труб с камерами энергоразделения 9 и 12 калибров разница составляет не более одного 1 °С, что сопоставимо с погрешностью измерения термомпары. Эффекты подогрева при разных длинах камеры энергоразделения (давление на входе 0,4 МПа) Полученные данные несколько расходятся с традиционной теорией вихревых труб, согласно которой эффекты энергоразделения монотонно растут с увеличением длины камеры энергоразделения. В области наиболее эффективных режимов

подогрева, которая ранее детально не исследовалась, наблюдается изменение трендов по эффектам энергоразделения. Замечено снижение эффектов подогрева на 9-калибровой вихревой трубе. Данная ситуация требует дополнительного изучения и прояснения.

Анализируя полученные экспериментальные данные можно сделать вывод, что наибольшие эффекты подогрева при  $\pi \leq 2$  получаются на 9-калибровой вихревой трубе с установленным раскручивающим устройством. При  $\pi > 2$  наибольшие эффекты подогрева выходят на 12-калибровой вихревой трубе с установленным раскручивающим устройством в виде пластины. Проведено сравнение количества теплоты, подводимой от подогретого потока к камере энергоразделения от её длины, при различных  $\pi$  и  $\mu$  Тепловая мощность вихревой трубы при разных длинах камеры энергоразделения (давление на входе 0,4 МПа) по полученным данным можно сделать вывод, что максимальный теплосъем происходит при камере энергоразделения длиной 12 калибров,  $\pi = 4$  и  $\mu = 0,95$ .

Сравнивая полученные результаты экспериментальных исследований, видна прямая зависимость теплового эффекта от длины камеры энергоразделения. Также надо отметить, что при различных значениях относительного давления на входе  $\pi$ , оптимальная длина камеры энергоразделения изменяется. Это связано с особенностями течения закрученного потока. Выявленная закономерность заключается в том, что при значениях  $\pi \leq 2$  наибольшей эффективностью обладает вихревая труба с камерой энергоразделения длиной 9 калибров. При  $\pi > 2$  наибольшей эффективностью обладает вихревая труба с камерой энергоразделения длиной 12 калибров.

Список используемых источников:

1. Михайлов, В. Е. Предотвращение обледенения элементов воздухозаборного тракта ГТУ энергетических ПГУ / В. Е. Михайлов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2009. — № 9–10. — С. 3–12. 2. Пиралишвили, Ш. А. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения / Ш. А. Пиралишвили, В. М. Поляев, М.Н. Сергеев; под редакцией А. И. Леонтьева. — Москва : УНПЦ «Энергомаш», 2000. — 412 с.

## **Применение микроканальных теплообменников**

Бусел Н.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мякочин А.С.

МАИ, Москва

Последние 10-15 лет наблюдается заметное улучшение эксплуатационных характеристик теплообменного оборудования в авиационных системах и системах промышленного холодоснабжения. Одна из причин — это более подробное изучение процессов теплообмена и разработка математических моделей для частных случаев, учитывающих особенности различных систем. Другая причина — это применение новых материалов и новых типов компактных теплообменников, у которых больше площадь поверхности теплообмена на единицу объема. Одним из видов таких теплообменников являются микроканальные теплообменники (МСЧЕ).

Микроканальные теплообменники имеют гидравлический диаметр  $D_h = 1,1...0,01$  мм. Такие теплообменники часто применяются для двухфазного теплообмена (конденсация или испарение). Применение в пароконденсационных холодильных агрегатах микроканальных теплообменников позволяет уменьшить объем заправки системы, а более высокие затраты мощности на прокачку компенсируются уменьшением падения давления со стороны воздуха, снижением массогабаритных характеристик.

При проектировании микроканальных теплообменников и разработке методов их улучшения необходимо учитывать явления, которые возникают в микроканалах. Например, кипение в микроканале приводит к явлениям отличным от поведения текучей среды в обычных каналах, особенно когда размер пузырьков приближается к размеру канала. При изменении фазы в микроканалах с гидравлическим диаметром менее 0,4 мм такие явления могут быть из-за различий в относительных воздействиях силы и поверхностного натяжения, причем последнее играет доминирующую роль.

В данной работе рассматриваются области применения, технологии производства, методы проектирования и моделирование процессов теплообмена в микроканальных теплообменниках.

Список используемых источников:

1. Baek S., Bradley P.E, Radebaugh R. Heat transfer coefficient measurement of LN2 and GN2 in a microchannel at low Reynolds flow // International Journal of Heat and Mass Transfer 127 (2018). P. 222–233.

2. Yin X., Bau H.H. Uniform channel micro heat exchangers // Transactions of ASME J. Electronic Packaging. 1997. Vol. 119. P. 89–94.

3. Гаряев А.Б., Прун О.Е., Клименко А.В. Определение оптимального соотношения характеристик микроканальных теплообменных аппаратов // Теплофизика и аэромеханика, 2015, том 22, № 6. С. 751-760.

4. Дрейцер Г.А., Компактные теплообменные аппараты: Учебное пособие, — М.: МАИ, 1986. — 73 с.;

### **Конденсаторная модель радиационной зарядки диэлектрических поверхностей космического аппарата**

Валиуллин В.В.

Научный руководитель — д.т.н. Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Космические аппараты (КА) на высоких околоземных орбитах подвергаются воздействию электризации горячей магнитосферной плазмой [1]. Это может приводить к возникновению электростатических разрядов и инициированию вторичных дуг на силовых контактах солнечных батарей. Данные явления сказываются на радиационной стойкости и надёжности КА.

Другим нежелательным фактором воздействия на КА является низкотемпературная плазма электроракетного двигателя. Данная плазма релаксирует накопленный потенциал диэлектрических поверхностей и может быть причиной значительных токов утечек или условием возникновения вторичных дуг на высоковольтных контактах энергоустановок.

Практически неизученной областью науки является повторная зарядка релаксированного радиационно-заряженного диэлектрика в магнитосферной плазме. Необходимы комплексные исследования кинетики формирования поверхностного заряда при процессах зарядки и релаксации заряженного диэлектрика.

Накопление электронов в диэлектрике происходит на глубине нескольких десятков мкм. Приповерхностный положительный слой дырок образуется вследствие вторичной электронно-электронной или ионно-электронной эмиссии с поверхности. Данный слой дырок располагается на глубине не более нескольких атомных слоёв. Поэтому целесообразно рассмотреть конденсаторную модель взаимодействия накопленных электронов в объеме диэлектрика с приповерхностным слоем дырок [2, 3].

В данной работе разработана конденсаторная модель радиационного накопления и релаксации заряда на поверхностях диэлектрических элементов конструкции космического аппарата. Показано, что при повторной зарядке релаксированного диэлектрика происходит значительное уменьшение концентрации накопления заряда. Это означает, что происходит переполнение носителями зарядов энергетических ловушек в объеме диэлектрика при первоначальной зарядке и сохранение этого заряда после релаксации поверхностного потенциала. То есть увеличивается электрическая проводимость диэлектрика за счёт увеличения длины свободного пробега высвобожденных из ловушек носителей заряда. Последовательные воздействия зарядки и релаксации накопленного заряда позволяют описать картину изменения структуры поверхностного заряда в диэлектрических материалах в реальных условиях эксплуатации.

Произведено сравнение результатов численного расчёта по конденсаторной модели радиационной зарядки с опубликованными работами по моделям Фиттинга. Имеются

отличия в характере кривой и в величине концентрации заряда при зарядке с описанными в литературе результатами. Главной особенностью является отсутствие снижения потенциала поверхности диэлектрика после первоначального роста, что может объясняться отсутствием изменения глубины проникновения электронов в зависимости от энергии пучка в конденсаторной модели. То есть модель не учитывает изменение распределения зарядов по глубине диэлектрика. Другой отличительной чертой является не соответствии величины потенциала поверхности на граничных энергиях электронов, что может быть объяснено либо отсутствием баллистических энергий носителей зарядов в модели, либо отсутствием мелких энергетических ловушек в конденсаторной модели диэлектрика. Поэтому конденсаторную модель зарядки диэлектрика следует доработать, учесть описанные проблемы и верифицировать на экспериментальных данных накопления заряда.

Список используемых источников:

1.Новиков Л.С. и др. Электризация космических аппаратов в магнитосферной плазме. В кн.: Модель космоса, 8-е издание, т.2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Л.С. Новикова, –М.: Изд-во «Книжный дом Университет», 2007, с. 236–275.

2.Твердохлебов С.И. Критическая (взрывная) электронная эмиссия из диэлектриков, индуцированная инжекцией плотного пучка электронов / С.И. Твердохлебов, Т.А. Тухфатуллин // Известия Томского политехнического университета. 2000. 300(3): 41-47.

3.Meysa X. Secondary electron emission and self-consistent charge transport and storage in bulk insulators: Application to alumina /X. Meysa [et al.] // J. Appl. Phys. — 2003. — V. 94. — P. 5384-5392.

## **Анализ результатов численного моделирования рабочего процесса в камере жидкостного ракетного двигателя с использованием различных кинетических механизмов реакции горения метана с кислородом**

Васильева А.С., Печенина П.А., Мукамбетов Р.Я.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Использование методов численного моделирования в процессе проектирования камер жидкостных ракетных двигателей дает определенные преимущества такие, как сокращение временных и стоимостных затрат, совершенствование конструкции камеры ещё на стадии проектирования камеры жидкостного ракетного двигателя. Безусловно все это приводит к повышению конкурентоспособности на рынке аэрокосмических услуг и товаров.

В данной работе авторами проведено численное моделирование внутрикамерных рабочих процессов в жидкостном ракетном двигателе, работающем на перспективной топливной паре кислород–метан методом конечных элементов в программной среде Ansys CFX. Для полноценного математического описания всех протекающих в камере двигателя процессов модель течения Навье-Стокса дополняется моделями горения и турбулентности. В работе в качестве модели турбулентности была выбрана модель GEKO. Это модель с двумя уравнениями, основанная на формулировке модели  $k$ - $\omega$ , но с возможностью настройки для широкого диапазона различных применений. В качестве модели горения выбрана модель PDF-flamelet (модель на базе функции плотности вероятности) с различными кинетическими механизмами реакции горения метана с кислородом Grimech 3.0, Kazakov-Frenklach, Zhukov-Kong. По результатам численного моделирования получены распределения давления и температуры по длине камеры при различных механизмах. А после сравнения оказалось, что кинетический детальный механизм Grimech 3.0 не дает существенных преимуществ по точности перед сокращенными механизмами Kazakov-Frenklach и Zhukov-Kong. Тем не менее, все три механизма показали хорошее согласование с термодинамическим расчетом, выполненным в программном комплексе Rocket Propulsion Analysis. Исходя из результатов проведенного анализа можно сделать вывод, что для моделирования внутрикамерного рабочего процесса в жидкостном ракетном двигателе, работающем на перспективной топливной паре метан-кислород при давлении рекомендуется использовать кинетический механизм Kazakov-Frenklach.

## **Использование численного эксперимента по определению теплового состояния при изменении конструкции двигателя тягой 3Н**

Волков Г.А.

АО «НИИМаш», Нижняя Салда

Основной целью работы является выбор новой конструкции двигателя тягой 3 Н в части низа сопряжения камеры сгорания и смесительной головки двигателя, обеспечивающей снижение тепловой нагрузки в зоне сопряжения.

Расчёт проводился в программном комплексе ANSYS Workbench, который учитывает все элементы и связи в конструкциях двигателя, позволяет рассчитать все три вида теплообмена [1], определяющие тепловое состояние двигателя в период работы и в паузах между включениями: теплопроводность между деталями; конвективный перенос тепла от газовой струи продуктов сгорания к внутренней стенке камеры сгорания; конвективный теплообмен между компонентами топлива, протекающими по каналам смесительной головки и стенками каналов; лучистый теплообмен от излучающих элементов конструкции двигателя. Моделирование лучистого теплообмена между внешними, внутренними поверхностями сопла и окружающим двигатель пространством был использован метод Radiosity Solution, встроенный в программный комплекс ANSYS Workbench.

Численный эксперимент проводился в программном комплексе Ansys Workbench!. Точность численного эксперимента подтверждалась сравнением результатов расчёта базового варианта двигателя с результатами огневых стендовых испытаний по контролю теплового состояния двигателя. Результаты численного эксперимента показали удовлетворительную сходимость (отклонение не более 5 %) с экспериментальными данными. Выполнен численный эксперимент новой конструкции и сделано заключение о правильности технических решений в части изменения конструкции узла соединяющего камеру сгорания и смесительную головку двигателя.

Результаты могут найти своё применение при решении тепловых задач оптимизации компоновок двигателя и двигательной установки.

Список используемых источников:

1. М.А. Михеев. Основы теплопередачи: Учебник для энергетических специальностей высших технических учебных заведений; Государственное Энергетическое Издательство, 1947 г, 415 с.
2. Добровольский М.В. «Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. Доп/ Под ред. Д.А. Ягодникова. — М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006. — 488 с.: ил.

## **Моделирование рабочего процесса в камере сгорания двигателя с непрерывной-спиновой детонацией на топливной паре водород-воздух без предварительного смешивания компонентов при соотношении компонентов 1.0 и 1.3**

Воронин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

В данной работе было проведено моделирование рабочего процесса в камере сгорания с непрерывной спиновой детонацией в трёхмерной постановке для исследования процессов образования и распространения детонационных волн без предварительно смешивания компонентов топлива. Цель настоящей работы — заполнить пробелы в исследованиях, так как предыдущие исследования распространения детонационных волн без предварительного смешивания компонентов редко фокусировались на численном моделировании. Экспериментальные результаты нескольких исследователей показывают, что формирование, развитие и распространение детонационных волн сильно связаны с параметрами впрыска компонентов, такие как массовый расход, соотношение компонентов и т.п. [1]. Для получения ожидаемых детонационных волн важно обеспечить быстрое и эффективное

перемешивание топлива. Duvall и др.[2] экспериментально исследовали работу детонационного двигателя с использованием водородно-воздушной смеси при массовых потоках воздуха 40-115 кг/м<sup>2</sup>с с разными соотношениями компонентов и тремя различными схемами впрыска. Driscoll и др.[3] исследовали влияние параметров впрыска компонентов, включая расход смеси, площадь впрыска и характер распределения топлива при впрыске, на эффективность перемешивания топлива в детонационном двигателе. Schweg и др.[4] предложили модель реакции без предварительного смешивания для вращающегося детонационного двигателя, описали структуру ячеек вращающейся детонационной волны при различных соотношениях компонентов с использованием одномерных и двумерных детонационных трубок с топливной парой водород-воздух.

В данном исследовании для решения уравнения Навье-Стокса трёхмерного нестационарного реакционного потока используется коммерческая CFD-программа ANSYS FLUENT 2022 R1. Для решения уравнений нестационарного турбулентного потока выбрана стандартная модель турбулентности K-epsilon и стандартная функция стенки. Для моделирования химической реакции вращающейся детонации используется одноступенчатый механизм химической реакции водорода-воздуха.

Соотношение компонентов 1.0 и 1.3 устанавливается массовым расходом, а температура на входе компонентов установлена 300 К. На выходной границе задано постоянное давление 0,1 МПа, а стенки сделаны адиабатическими и без скольжения. Для инициирования детонации в камере, устанавливалась зона воспламенения с параметрами 1 МПа, 2000 К и 2000 м/с.

В ходе проведения моделирования было видно, что из-за высокой реакционной способности водорода образовались две детонационные волны, которые распространялись в противоположных направлениях после воспламенения. В момент времени 115 пс произошло столкновение двух детонационных волн. Из-за отсутствия реагентов фронты детонации исчезли и превратились в ударные волны, которые все ещё могли распространяться в первоначальном направлении с относительно меньшей интенсивностью. Детонационная волна вновь была инициирована в момент времени 300 пс из-за быстрого и резкого увеличения давления вблизи внешней стенки камеры сгорания. После нескольких столкновений и длительной эволюции, наконец, сформировались три стабильные детонационные волны, которые могли самостоятельно распространяться в одном направлении. Самоподдерживающееся распространение трёх детонационных волн также наблюдается при соотношении компонентов 1.3. Температурные контуры показывают, что детонационные фронты волн без предварительного смешивания ниже, чем у волн с предварительным перемешиванием. Детонационные волны без предварительного смешивания требуют больше времени для достижения стабильного распространения по сравнению с детонационными волнами с предварительным смешением. Для соотношения компонентов 1.3 потребовалось больше времени, чтобы окончательно сформировать трехволновую детонацию, хотя при создании трехволновой структуры при соотношении компонентов 1.3 произошел аналогичный процесс: распространение, столкновение, угасание, восстановление. В обоих случаях прослеживается схожая тенденция изменения кривых давления и температуры, т.е. когда детонационные волны проходят мимо точки мониторинга, пики давления и температуры появляются одновременно. Пики низкого давления наблюдаются до 700 пс, когда детонационные волны все ещё не полностью стабильны при соотношении компонентов 1.3, а при соотношении компонентов 1.0 они уже достигли стадии стабильного распространения.

Без предварительного смешивания получить стабильные процессы распространения детонационных волн затруднительно. Детонационные волны без предварительного перемешивания имеют низкие фронты детонации по сравнению с детонационными волнами при предварительном перемешивании компонентов. На время образования стабильных детонационных волн может сильно повлиять изменение соотношения компонентов. Когда соотношение компонентов стехиометрическое, то есть равно 1,0 стабильные волны могут быть созданы за короткое время, а для соотношения компонентов 1.3 для достижения стабильного состояния детонационным волнам потребуется больше времени.

Список используемых источников:

1. Быковский Ф.А., Ждан С.А. Непрерывная спиновая детонация. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2013.
2. Duvall J, Chacon F, Harvey C, et al. Study of the effects of various injection geometries on the operation of a rotating detonation engine // 2018 AIAA Aerospace Sciences Meeting, 2018:0631.
3. Driscoll R, Aghasi P, George A S, et al. Three-dimensional, numerical investigation of reactant injection variation in a H<sub>2</sub>/air rotating detonation engine. International Journal of Hydrogen Energy, 2016, 41(9):5162-5175.
4. Schwer D A, Kailasanath K. Towards non-premixed injection modeling of rotating detonation engines // 51st AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference. 2015: 3782.

## **Силовые установки самолётов вертикального взлёта и посадки**

Гайдай С.М., Брыкалов В.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Буров М.Н.

МАИ, ПАО «ОДК-Сатурн», Москва

В середине прошлого века перед разработчиками самолётов встала задача создания летательного аппарата, совмещающие в себе преимущества самолёта (скорости) и вертолёта (возможность взлёта и посадки практически в любом месте). Таким образом, в то время появилось множество проектов самолётов с вертикальным (укороченным) взлетом и посадкой. В силовых установках таких самолётов в качестве движителя использовалась как реактивная струя, так и воздушные винты. Тогда было построено и испытано более 30 моделей СВВП с реактивными или винтовыми двигателями.

По принципу создания вертикальной тяги СВВП условно можно разделить на 3 основных типа:

- Вертикальная и горизонтальная тяга создаются одними и теми же двигателями (Harrier);
- Вертикальная тяга создается одной группой двигателей, а горизонтальная другой (Як-38, Як-141);
- Вертикальная тяга создается выносным агрегатом (вентилятор, выносная форсажная камера), а горизонтальная — маршевым (подъемно-маршевым) двигателем (F35B, XV-5A Vertifan)

В большинстве проектов СВВП в основу были положены требования военного применения. Полагалось, что возможность иметь на вооружении средства, боееспособные в условиях небольших ВВП (корабль, автомобильная платформа), оправдывает затраты на разработку и эксплуатацию таких самолётов.

Гражданские применение самолётов с вертикальным или существенно укороченным взлетом может быть весьма интересным применительно к труднодоступным районам, где затруднительно строительство полномасштабной аэродромной инфраструктуры.

Одним из первых экспериментальных СВВП с реактивным двигателем был самолёт X-13 фирмы Ryan Aeronautical (США), первый полет которого состоялся в 1955г. Взлет и посадка выполнялись с вертикального положения, т.е. «взлёт с хвоста». Силовая установка состояла из одного ТРД Avon (R&R).

Примерно в то же время в Англии на фирме Short Brothers создавался экспериментальный самолёт Short SC.1 силовая установка которого состояла из 5-и двигателей RB.108.

Первый полет самолёта состоялся в 1957г.

Аналогичные работы велись во Франции (Dassault Balzac) и Германии (VFW-Fokker VAK-191B).

Наиболее успешным зарубежным проектом СВВП, родившимся в прошлом веке был британский самолёт Harrier. Силовая установка состояла из одного двигателя фирмы Bristol-Siddeley (R&R) Pegasus.

Самолет был создан на базе экспериментального самолёта Kestrel фирмы Hawke. Серийный Harrier, как и его экспериментальный прототип имели одинаковую схему силовой установки, когда в два передних поворотных сопла поступал сжатый воздух второго контура, а из двух задних поворотных сопел истекал газ внутреннего контура.

В СССР работы по созданию СВВП начались в конце 50-х годов прошлого века с самолёта Як-36 с двумя подъемно-маршевыми двигателями Р-27В-300, с поворотными соплами, расположенными в центре тяжести самолёта. Однако незначительная полезная нагрузка самолёта делала его малоперспективным, поэтому в ОКБ Яковлева приступили к разработке самолёта Як-36М. Силовая установка представляла собой подъемно-маршевый двигатель Р-27В-300 с поворотными соплами и два подъемных двигателя РД-36-35ФВ, разработанных специально для СВВП в Рыбинском конструкторском бюро моторостроения. Собственно работы по подъемному двигателю в конструкторском бюро начались задолго до разработки самолёта Як-36М. Работы были начаты в 1962г., а в 1964г. был собран первый двигатель РД-36-35. Двигатель устанавливался экспериментальный самолёт «23-31» и на опытные самолёты «23-01» и Т58ВД с укороченным взлетом. В 1977г. самолёт Як-36М под названием Як-38 был принят на вооружение. В 1981г. вышло решение о создании Як-38М с увеличенной на 500кг массой относительно Як-38. Для нового самолёта был разработан новый двигатель РД-38.

Дальнейшим развитием СВВП В СССР была разработка сверхзвукового самолёта Як-141. Силовая установка имела такую же схему, как и у предыдущих самолётов КБ Яковлева: один подъемно –маршевый двигатель Р79В-300 и два подъемных двигателя РД-48, разработанных на базе двигателя РД-38. К сожалению работы как по самолету, так и по двигателю были прекращены в начале 90-х годов, как и эксплуатация других советских СВВП.

Между тем в США (Lockheed Martin) с 1990-х годов велась разработка семейства многофункциональных истребителей 5-го поколения F-35, одна из модификаций которого (F-35В) представляла собой самолёт с укороченным взлетом и вертикальной посадкой. Силовая установка состоит из двигателя F135-PW-600, оборудованного поворотным соплом и подъемным вентилятором.

Анализ развития СВВП показывает, что все рассмотренные типы силовых установок могут быть применены при разработке таких самолётов. Выбор должен основываться на задачах, поставленных перед самолетом, наличии научно-технического задела у предприятий разработчиков как самолёта, так и двигателя. Также при выборе схемы должен рассматриваться такой критерий, как стоимость жизненного цикла, включающий в себя затраты на разработку, серийное изготовление и затраты на эксплуатацию.

Список используемых источников:

1. Дынкин А.Л. Самолёт начинается с двигателя: учебное пособие. Издательство 1995 г.
2. Авиационная энциклопедия: <http://www.airwar.ru/> (дата обращения 27.02.2023) Текст: электронный

## **Исследование влияния температурного фактора на первичный КПД и пропускную способность ТВД**

Гатаулин П.А.

Научный руководитель — Стародумов А.В.

МАИ, ОКБ им. А. Люльки, Москва

В данной работе проводится исследование влияния температурного фактора на основные параметры турбины — первичный КПД и пропускную способность соплового аппарата турбины высокого давления.

Температурный фактор ( $\theta$ ) представляет собой отношение температуры охлаждающего воздуха к температуре газа в проточной части.

Для исследования влияния температурного фактора на характеристики двигателя проводятся автономные испытания охлаждаемой турбины высокого давления

газотурбинного двигателя. Охлаждающий воздух подаётся от стендовых источников, которые обеспечивают требуемый расход воздуха, идущий на СЛ ТВД и РЛ ТВД.

Изменение значения температурного фактора производилось изменением температуры основного воздушного потока на входе в турбину.

В настоящем исследовании испытание турбины высокого давления проводилось при температурах основного воздушного потока 550 К и 450 К, при номинальной и повышенной величине температурного фактора ( $\theta=0,59$  и  $\theta=0,69$ ) соответственно.

В процессе испытаний осуществлялась непрерывная запись показаний датчиков, а также запись в контрольных точках при установлении режима.

Анализ результатов испытаний показал, что повышение температурного фактора на 0,1 приводит к увеличению первичного КПД на ~2% при одинаковых параметрах режима ( $\pi$ ,  $Y$ , расходы охлаждающих воздуха).

Повышенные значения первичного КПД турбины обусловлены снижением потерь в межлопаточных каналах с увеличением температурного фактора, а именно снижением потерь на смешение охлаждающего воздуха с основным потоком.

При этом повышение температурного фактора приводит к снижению пропускной способности соплового аппарата турбины высокого давления на ~2 %, что также может быть объяснено изменением характера смешения охлаждающего воздуха с основным потоком.

### **Проработка системы подвода охлаждающего воздуха к рабочим лопаткам турбины высокого давления**

Гатауллина Е.Д., Кудряшов И.А., Мельников С.А.  
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубанов В.М.  
Самарский университет, Самара

Воздушная система современных газотурбинных двигателей состоит из множества неподвижных и вращающихся каналов для транспортировки воздуха, отбираемого от компрессора, к термически высоконагруженным деталям, нуждающимся в охлаждении. В связи с тем, что одним из ключевых узлов газотурбинных двигателей является турбина, которая работает в наиболее сложных температурных условиях, проектирование системы подвода охлаждающего воздуха к деталям высокотемпературной турбины, а именно рабочим лопаткам, является актуальной задачей при разработке воздушной системы ГТД [1,2].

Целью данной работы было проектирование системы подвода охлаждающего воздуха к рабочей лопатке по известным параметрам расхода и давления заторможенного потока охлаждающего воздуха на входе в систему. Ключевым вопросом при проектировании системы подвода является эффективность работы аппарата закрутки [3], поэтому выбору геометрических параметров аппарата закрутки было отведено особое внимание.

В первом приближении было принято, что перетекания из камеры смешения в осевой зазор и из думисной полости в камеру смешения равны между собой, поэтому считаем, что расход охлаждающего воздуха на входе в подкручивающую решётку равен потребному расходу воздуха на охлаждаемую рабочую лопатку. В системе подвода охлаждающего воздуха принимаем докритический перепад на аппарате закрутки. Аппарат закрутки был спроектирован с использованием математической модели таким образом, чтобы обеспечить максимальное снижение температуры воздуха в относительном движении при минимальных потерях давления в системе подвода. В проектируемом двигателе, для которого разрабатывается система подвода, покрывной диск рабочего колеса турбины выполнен с отверстиями исходя из критериев обеспечения прочности. Геометрические параметры камеры смешения и отверстий в покрывном диске были выбраны на основе рекомендаций, представленных в работе [4].

По результатам проектирования системы подвода охлаждающего воздуха к рабочей лопатке турбины высокого давления были сделаны трёхмерные геометрические модели воздушных каналов. Далее были подготовлены сеточные модели газоздушных областей межлопаточного канала соплового аппарата и рабочей лопатки, системы подвода

охлаждающего воздуха и каналов охлаждения внутри рабочей лопатки, также была подготовлена сеточная модель домена твёрдого тела самой лопатки. Таким образом получена расчётная модель, по итогам расчёта которой было получено температурное состояние рабочей лопатки турбины высокого давления. Такая модель позволяет точнее выполнить сопряжённое моделирование, напрямую учитывая структуру потока воздуха, проходящего через систему каналов ко входу во внутренние полости рабочей лопатке в её ножке.

Список используемых источников:

1. Dittman, M. Discharge coefficients of Rotating Short Orifices With Radiused and Chamfered inlets [Text] / M. Dittman, K. Dulenkopf, S. Witting // J. of Eng. of G.T. and Power, 2004. — Vol. 126. — P. 803-808.
2. Иноземцев А.А. Газотурбинные двигатели [Текст]: / А.А. Иноземцев, В.Л. Сандрацкий // Пермь, 2006 г. — 1204 с.
3. Диденко, Р. А. Теория и расчёт течения в системе подвода воздуха к рабочей лопатке турбины / Р. А. Диденко, Ш. А. Пиралишвили, К. А. Виноградов // Тепловые процессы в технике. — 2020. — Т. 12, № 7. — С. 314-324.
4. Popp, O. CFD Analysis of Coverplate receiver flow [Text] / O. Popp, H. Zimmerman, J. Kutz // J. of Turbomachinery, 1998. — Vol. 120. — P. 43-49.

## **Исследование потенциалов оптимизации электромагнитной системы в электрических ракетных двигателях с магнитным резонансом**

Грабовский И.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гурьянов А.И.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Предложен метод оптимизации энергетических затрат электрических ракетных двигателей магниторезонансного класса. Разработана конструкция постоянного электромагнита с переменной пропускной способностью магнитных полюсов. Снижена масса и энергоёмкость магнитной системы магниторезонансного электрического ракетного двигателя (ЭРД).

Магниторезонансные ЭРД обладают преимуществами повышенного удельного импульса по сравнению с классическими ионными двигателями [1] с линейным ускорением рабочего тела. Однако существенным недостатком двигателей магниторезонансного класса является потребляемая мощность постоянного электромагнита и многократный прирост массы магнито-провода с ростом увеличения удельного импульса. Предельные границы актуального применения магниторезонансных ЭРД, на примере магниторезонансного плазменного двигателя (МРПД), лежат в области удельных импульсов до  $5 \cdot 10^5$  м/с [2]. При этом наибольшую эффективность двигатель проявляет в диапазоне свыше  $5 \cdot 10^5$  м/с и до 107 м/с. Так теоретическая оценка предельного диаметра обращения в МРПД для выхода на удельный импульс 107 м/с составляет 2 м (аргон), при 7,44 м (аргон) длины канала ускорения классических конструкций ионных ЭРД при равной тяге.

Из четырех основных потребителей энергии заданных диапазонах в МРПД только система постоянного электромагнита и ускоряющая система вносит значительный (в зависимости от удельного импульса до 90 %) вклад в тяговый КПД двигателя. Однако только у магнитной системы рост массы определяет массу двигателя как целого изделия. Поэтому были проведены исследование по оптимизации электромагнита основанные на перераспределении энергии магнитного поля в пространстве.

Рабочее тело в МРПД представляет пучок ионов и движется в соответствии с циклотронным движением в постоянном магнитном поле по нарастающему радиусу, при этом ускоряясь. Магнитное поле в ускоряющем зазоре распределено равномерно по всему магнитному полюсу, диаметр которого определяется предельным радиусом обращения пучка. Численные исследования распределения индукции магнитного поля показали, что такое условие распределения поля является оправданным только для группы одновременно

ускоряющихся пучков. Для одного пучка в камере ускорения достаточно создавать требуемую индукцию магнитного поля только в окрестности пучка. Пространство, в котором пучок уже ускорился или ещё не начал ускоряться, наполнять энергией магнитного поля избыточно, так как там отсутствует ускоряемый объект. Поэтому полюса электромагнита были разделены на несколько секторов в форме колец. Каждый сектор имеет токопроводящие катушки и способен генерировать индукцию магнитного поля через контур своего сектора. Все магнитные полюсы секторов ориентированы противоположно главному полю катушки постоянного электромагнита. Когда пучок попадает в камеру ускорения один из соответствующих секторов прекращает генерацию поля и основное поле постоянного электромагнита проникает в сектор, обеспечивая наполнение окрестности пучка требуемой индукцией магнитного поля. По мере ускорения пучка сектора прекращают и возобновляют генерацию поля создавая в полюсе электромагнита переменный пропускной канал ускорения пучка. Предварительные расчёты показывают что частота изменения поля в секторах соответствует порядку  $1\text{кГц}$  и зависит от ускоряющих потенциалов и конечных удельных импульсов.

Применение магнитного полюса с переменной пропускной способностью позволяет сосредотачивать только в одной области пространства индукцию магнитного поля, так как площадь пространства в окрестности пучка много меньше площади всего магнитного полюса, требуемая энергия генерации также кратно меньше.

Список используемых источников:

1. O'Reilly D., Herdrich G., Kavanagh D.F. Electric Propulsion Methods for Small Satellites: A Review. 2021. P. 30.

2. Грабовский И.И., Гурьянова М.М., «Оценка эффективных режимов работы магниторезонансного плазменного двигателя». Сборник трудов XV Всероссийской студенческой научной школы «Аэрокосмическая декада». — М.: Издательство «Перо», 2022 — 269с. с 69-73.

## **Исследования влияния входной неравномерности потока на формирование конвективно-пленочного охлаждения соплового аппарата турбины**

Давыдов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ковалева Н.Н.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Совершенствование современных газотурбинных двигателей связано с непрерывным ростом параметров рабочего процесса. Повышение температуры газа перед турбиной позволяет увеличить работу цикла, что в свою очередь способствует увеличению степени повышения полного давления в компрессоре, приводит к уменьшению удельного расхода топлива и росту эффективности двигателя в целом.

В связи с этим проектирование сопловых лопаток турбин современных газотурбинных двигателей строится на применении жаростойких жаропрочных сплавов, высокоэффективной системе охлаждения и термобарьерном покрытии. Наиболее востребованным вариантом системы охлаждения является конвективно-пленочное. Этому способствует простота проектирования, высокая технологичность конструкции при заданных параметрах эффективности охлаждения.

Лопатки турбин высокого давления современных газотурбинных двигателей имеют развитую систему конвективно-пленочного охлаждения всех поверхностей проточной части. Особенности формирования пелены охладителя за отверстием определяют тепловое состояние деталей турбины. В основе проектирования систем охлаждения профильной части лопаток турбин лежат результаты исследований выдува охладителя в поток через отверстие на плоской пластине. При этом эффективность охлаждения за отверстием уменьшается по потоку вдоль оси струи и область охлаждения формируется вдоль линии тока основного потока. Однако в реальных условиях работы соплового аппарата имеется неравномерность

поля параметров потока, которая изменяет условия истечения охладителя из отверстий, расположенных в различных областях лопатки.

С целью изучения влияния радиальной неравномерности параметров основного потока на формирование конвективно-пленочного охлаждения было выполнено численное 3D моделирование сопловой лопатки первой ступени турбины высокого давления. Система охлаждения лопатки представлена набором из 9 рядов цилиндрических отверстий (5 по входной кромке, 2 по спинке и 2 по корытцу). Перфорации расположены вдоль профиля под углом от  $20^\circ$  до  $40^\circ$  к нормали. Вертикальные ряды перфораций смещены друг относительно друга на половину шага отверстия.

В расчетном исследовании проводилось сравнение результатов, полученных при задании 3 вариантов эпор давления и одного варианта эпоры по температуре на входе в сопловой аппарат первой ступени ТВД, соответствующих различным типам конструкции камеры сгорания, а также варианта без учёта неравномерности параметров. В качестве оценочного параметра рассматривается адиабатическая эффективность охлаждения  $\eta_{ад}$ .

Численное моделирование проводилось с использованием программного комплекса вычислительной газовой динамики ANSYS CFX-2020 R2. Для замыкания системы уравнений Рейнольдса была выбрана модель турбулентности SST. Задача решалась в сопряженной постановке. Расчетная неструктурированная тетрагональная сетка для жидкостного домена, также как и для твердотельного генерировалась в модуле Meshing из среды ANSYS Workbench. Подробное описание течения внутри и в окрестности перфораций обеспечивалось высокой плотностью сетки, для чего на этих поверхностях были построены призма — слой. Величина  $y^+$  составила порядка 4,9. Общее количество узлов сеточной модели — 14803264.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1) Характер распределения эффективности пленочного охлаждения за отверстиями начального участка корытца и спинки сопловой лопатки зависит от входной неравномерности потока.

2) При неравномерных параметрах потока на входе в сопловой аппарат происходит смещение оси струи охладителя на начальном участке корытца и спинки в направлении от торцевых поверхностей.

3) Происходит перераспределение эффективности пленочного охлаждения за отверстиями, примакаящими к торцевым поверхностям.

4) Нарушается интерференция пленочного охлаждения при шахматном расположении рядов отверстий. Возникают области перегрева.

5) Неравномерность температуры на входе в сопловой аппарат не оказывает существенного влияние на характер распределения эффективности охлаждения, а лишь приводит к количественному изменению величины  $\eta_{ад}$  — наблюдается её увеличение во всех сечениях по высоте лопатки при учете неравномерности поля температуры на входе.

Результаты исследований показывают значительное влияние входного потока на температурное состояние сопловой лопатки и доказывают актуальность дальнейшего исследования в данном направлении с целью создания метода учёта неравномерности на входе при проектировании систем охлаждения сопловых лопаток. Существует необходимость в определении принципа построения рядов перфораций (изменение шага по высоте; изменение угла наклона и т.п.) с целью парирования негативного эффекта от входной неравномерности параметров потока.

Список используемых источников:

1. Ahmed M. Elsayed, Farouk M. Owis, M. Madbouli Abdel Rahman Film cooling Optimization Using Numerical Computation of the Compressible Viscous Flow Equations and Simplex Algorithm // International Journal of Aerospace Engineering Volume 2013, Article ID 859465, 24 pages.

2. Марчуков Е. Ю., Стародумов А. В., Ильников А. В. и др. Эффективность пленочного охлаждения плоской поверхности в ускоряющемся потоке при вдуве воздуха через отверстия. Теплоэнергетика, 2022. № 4. С. 1-11.

3. Kartuzova O., Danila D., Ibrahim M. Computational simulation of cylindrical film hole with jet pulsation on flat plates // J. Propul. Power. 2009. № 25(6). P. 1249–1258.

4. Sutherland W. The viscosity of gas and molecular force // Phil. Mag. 1983. № 5. P. 507–531.

## **Ракетно-прямоточный двигатель на гранулированном твердом топливе**

Доткин Г.А., Зорин М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Малинин В.И.

ПНИПУ, Пермь

На сегодняшний день существуют конструктивные схемы ракетных двигателей на гранулированном твердом топливе (далее — РДГТ) для летательных аппаратов (далее — ЛА) космического назначения. В статье [1] рассматривается конструкция такого ракетного двигателя. Также в ней предлагается использовать двигательную установку на основе РДГТ для ЛА наземного применения.

В данной работе разработана новая, перспективная схема ракетно-прямоточного двигателя на гранулированном твердом топливе (далее — РПДГТ). За основу взята схема РДГТ. Применение мелкодисперсного порошка в качестве твердого топлива позволяет объединить положительные стороны прямоточных воздушно-реактивных двигателей (далее ПВРД) [2] на жидком и твердом топливах (далее — ЖТ и ТТ соответственно). К ним относятся: возможность регулирования тяги, независимость от условий окружающей среды, возможность многократного включения-выключения, безопасность и надёжность.

Топливо в данном двигателе находится в форме сферических гранул, что обеспечивает ему текучесть и возможность регулирования расхода при подаче в среде газа. Поэтому гранулированное твердое топливо (далее — ГТ) обладает свойствами ЖТ при работе двигателя. С другой стороны, когда двигатель не запущен, оно обладает свойствами ТТ, при этом исключается влияние перепада температуры, вибрации и ударов, которые могут привести к растрескиванию заряда. Сама гранула представляет собой частицу окислителя, покрытую слоем горючего. Совмещение в грануле окислителя и горючего решает задачу смешения компонентов, которое труднее обеспечить при их отдельной подаче и исключает необходимость использования второго топливного бака.

Основными составляющими РПДГТ являются маршевая и стартово-разгонная ступени. В данной работе рассматривается только маршевая ступень.

Маршевая ступень состоит из газогенератора (далее — ГГ), камеры дожигания (далее — КД) с соплом и воздухозаборного устройства (далее — ВЗУ).

ГГ включает в себя систему подачи ГТ, камеру сгорания (далее — КС) с системой сопел и воспламенитель. КД с соплом состоит из непосредственно КД и маршевого сопла.

Система подачи ГТ включает в себя шар-баллон, пневмооборудование (газовый редуктор, клапана, трубопроводы), газопроницаемый поршень, бак для хранения ГТ, устройство регулирования расхода. КС с системой сопел состоит из непосредственно КС газогенератора и сопел критического сечения.

Принцип работы рассматриваемой двигательной установки следующий: посредством газопроницаемого поршня и устройства регулирования расхода взвесь гранулированного топлива в инертном газе, подаваемом из шар-баллона, поступает из бака для хранения ГТ в КС газогенератора; в КС происходят процессы горения и генерации продуктов сгорания (далее — ПС) с избытком горючего; из КС продукты сгорания подаются в КД с помощью сопел критического сечения; одновременно с вышеперечисленным через ВЗУ происходит захват набегающего воздуха, его сжатие и подача в КД; продукты сгорания, поступившие из КС, перемешиваются и дожигаются в подаваемом через ВЗУ воздухе; в маршевом сопле продукты дожигания топливовоздушной смеси ускоряются до сверхзвуковых скоростей и выбрасываются в атмосферу.

В данной работе предложена схема РПДГТ, принцип его работы и проведён термодинамический расчёт различных составов топлив в программе «Тетга». Расчёт осуществлялся на основе следующих исходных данных:

- 1) высота полёта (H) — 30 км;

- 2) скорость полёта ( $M$ ) — 5 Мах;
- 3) давление в ГГ ( $p_{ГГ}$ ) — 0,5 МПа;
- 4) давление в КД ( $p_{КД}$ ) — 0,1 МПа;
- 5) параметры воздуха на заданной высоте;
- 6) химический состав топлива.

При дальнейшем анализе результатов расчёта сравнивались различные топливные составы и параметры их сгорания: плотность топлива ( $\rho_T$ ), температура ПС в газогенераторе (ТГГ), газовая постоянная продуктов сгорания в ГГ ( $R_{ГГ}$ ), массовая доля  $k$ -фазы в продуктах сгорания ГГ ( $z_{ГГ}$ ), температура продуктов дожигания топливовоздушной смеси КД (ТКД), массовое соотношение воздуха и топлива ( $K_m$ ), массовая доля  $k$  фазы в продуктах дожигания топливовоздушной смеси, удельный импульс ( $J_u$ ) РПДГТ.

В результате проведённого анализа выбран оптимальный состав топлива:

- Октоген [2] — 70%;
- ПХА [2] — 10%;
- ПДИ-1 [3] — 20%.

Данный состав топлива имеет плотность в порошкообразном виде  $\rho_T = 1035$  кг/м<sup>3</sup>.

ПС газогенератора имеют следующие параметры:

- ТГГ = 1611 К;
- $R_{ГГ} = 465$  Дж/(кг· К);
- $Z_{ГГ} = 0,02$  (2 %).

Продукты дожигания топливовоздушной смеси имеют следующие параметры:

- $Z_{КД} = 0\%$ ;
- ТКД = 2600 К;
- $K_m = 4$ .

Удельный импульс у данного двигателя равен  $J_u = 5200$  м/с.

Ракетно-прямоточный двигатель на гранулированном твердом топливе имеет следующие преимущества: возможность многократного включения-выключения, малое содержание конденсированной фазы в продуктах сгорания газогенератора и её отсутствие в камере дожигания, время работы не ограничено скоростью горения, эксплуатационные характеристики сравнимы с РПД, малое количество воздуха для дожигания — возможна работа на высоте более 25 км.

Список используемых источников:

1. Ракетный двигатель на гранулированном твердом топливе / А. В. Елькин, Е. С. Земерев, В. И. Малинин [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. — 2021. — № 64. — С. 16-24.
2. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе : учебник / Б. В. Обносов, В. А. Сорокин, Л. С. Янковский [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2012. — 303 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106299> (дата обращения: 27.02.2023).
3. Рогов, Н.Г. Смесевые ракетные твердые топлива: Компоненты. Требования. Свойства: учеб. пособие / Н. Г. Рогов, М. А. Ищенко; — СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2005. — 195 с.

## **Ракетный двигатель на гранулированном твердом топливе для летательного аппарата очистки околоземного пространства от космического мусора**

Елькин А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Малинин В.И.

ПНИПУ, Пермь

Актуальной проблемой является космический мусор (КМ), который представляет угрозу действующим космическим объектам. Объем КМ постоянно растет, это повышает вероятность его столкновения с активными космическими объектами. Наиболее реальным методом очистки околоземного пространства на сегодняшний день является захват КМ

летательным аппаратом, транспортировка («буксировка») КМ на орбиту «ожидания» высотой 200...400 км, торможение и дальнейшее сгорание КМ в плотных слоях атмосферы.

Для решения проблемы КМ необходим «космический буксир», имеющий двигательную установку (ДУ), способную выполнять перемещение, ориентацию, торможение КЛА. В настоящее время КЛА используют двигательные установки (ДУ) с ЖРД малой тяги (ЖРДМТ), которые выполняют поставленные задачи, но имеют ряд недостатков: низкие эксплуатационные характеристики (из-за токсичности компонентов), сложность конструкции (из-за двух топливных баков). Ракетный двигатель на гранулированном твердом топливе (РДГТ) [1] способен повысить эксплуатационные свойства ЖРДМТ, сохраняя их преимущества: высокий удельный импульс, достаточная полнота сгорания. В РДГТ применяется топливо, каждая отдельная частица (т.е. гранула) в своем составе имеет необходимое количество окислителя и горючего. Использование такого топлива исключает необходимость использования второго бака.

На первом этапе проектирования исследуются энергетические возможности топливных композиций. Гранула представляет собой окислительный и горючий компоненты, покрытые защитной оболочкой. Лабораторная отработка новых технологических приёмов по интеграции в гранулы различных компонентов подтверждает возможность получения гранулированного топлива на основе перхлората аммония (ПХА) и октогена (НМХ) [2]. В качестве гранулированного твердого топлива (ГТТ) выбран состав на основе ПХА и НМХ. Получены его термодинамические параметры и выполнено сравнение с параметрами жидкого топлива (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (АТ) и НДМГ). Гранулированный состав не сильно уступает по удельному пустотному импульсу (3163 против 3279 м/с), на 3,5%, однако, он выигрывает по плотности на 14% (1296 против 1118 кг/м<sup>3</sup>). Температура горения различается на 4% (у ГТТ 3124 К, у НДМГ с АТ 3009 К (соотношение 1,85)).

Для оценки конструктивного совершенства необходимо знать массу и габариты отдельных узлов двигателя. Масса ДУ КЛА складывается из массы маршевого ракетного двигателя, массы двигателей ориентации, массы вытеснительной системы подачи. Проработка ракетного двигателя начинается с проектирования газодинамического профиля КС и сопла.

Для того, чтобы говорить о преимуществах РДГТ, необходимо сравнивать его характеристики с двигателем-аналогом. Ракетный двигатель ДУ на ГТТ для КЛА очистки КМ наиболее целесообразно сравнивать с двигателем многократного включения корректировки орбиты. В качестве двигателя-аналога выбран «1Д458М» [3]. Расчёт КС и сопла РДГТ проводится при следующих заданных параметрах (одинаковых с 1Д458М): тяга (392 Н), время работы двигателя (1000 с), давление в КС (1 МПа), геометрических характеристиках сопла. Коэффициент полных потерь (в КС и в сопле) и приведенная длина КС для РДГТ приняты такими же, как у «1Д458М» (0,91 и 1,5). Отличающиеся параметры: давление на входе в бак у РДГТ выше (2 против 1,5 МПа) так как необходимым условием для эффективного и безопасного истечения является достижение критического режима истечения ГТТ и оживающего газа. Массовый расход у РДГТ больше на 3,5% в следствии меньшего удельного импульса. Суммарные длины КС и сопла для РДГТ и 1Д458М приблизительно соответствуют друг другу. Давление на входе в бак с топливом хоть у РДГТ выше, удельный пустотный импульс РДГТ примерно соответствует удельному импульсу ЖРДМТ, при равных геометрических характеристиках сопла. Однако РДГТ в качестве двигателя управления КЛА выглядит более привлекательным, так как его использование рождает ряд ключевых преимуществ:

1. Топливо РДГТ не является летучим и токсичным, в отличии от N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и НДМГ. Известно, что АТ осуществляет коррозионное действие на материал бака, топливной и регулирующей арматуры. Следовательно использование ГТТ упрощает и удешевляет регламентные работы с топливом, технологическую подготовку баков к эксплуатации, повышает эксплуатационные свойства.

2. Окислитель и горючее есть в каждой грануле, нет необходимости использовать два топливных бака и двойного объема арматуры.

3. Создание многоразового (возвращаемого) КЛА очистки КМ с ДУ на жидких окисных компонентах является спорным, поскольку при возвращении КЛА на Землю велика вероятность заражения поверхности планеты. Использование ДУ на ГТТ исключает эту опасность и делает реализацию КЛА многократного использования возможной.

Ракетный двигатель на гранулированном топливе так же эффективен, как и ЖРДМТ, однако он прост в эксплуатации, имеет простую конструкцию, способен многократно перезапускаться, экологически безопасен. Космический летательный аппарат, имеющий в своем составе РДГТ, сможет выполнять очистку околоземного пространства и использоваться повторно.

Список используемых источников:

1. Ракетный двигатель на гранулированном твердом топливе / А. В. Елькин, Е. С. Земерев, В. И. Малинин [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. — 2021. — № 64. — С. 16-24.

2. Synergistic Effect of Ammonium Perchlorate on HMX: From Thermal Analysis to Combustion / A. N. Pivkina, N. V. Muravyev, K. A. Monogarov [et al.] // Springer Aerospace Technology. — 2017. — P. 365-381.

3. Агеев, Ю. И. Подтверждение повышения энергетической эффективности ЖРДМТ с дефлекторно-центробежной схемой смесеобразования / Ю. И. Агеев, И. В. Пегин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). — 2014. — № 5-3(47). — С. 46-54.

### **Использование метода множителей Лагранжа для оптимального распределения потоков информации, поступающих от датчиков системы контроля ракетного двигателя**

Завьялова М.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гончар А.Г.

МАИ, Москва

Информация, поступающая в систему контроля ракетного двигателя, является неотъемлемой частью управления процессами, протекающими на ракетном двигателе. Система контроля ракетного двигателя функционирует в границах области допустимых значений сигналов, информация от которых поступает с регистрирующих и измерительных датчиков [1-3].

Для решения задачи нелинейного программирования, которой является задача контроля достоверности информации, поступающей с датчиков в систему контроля, можно применить метод неопределенных множителей Лагранжа.

Решением является составление функции Лагранжа с вводом необходимых условий экстремума функции, что приводит к системе линейных уравнений, решаемых любым численным методом.

Данный метод позволяет учитывать погрешности, появляющиеся при измерении приборами, и учитывать ее при корректировке результатов измерений.

Алгоритм, обеспечивающий контроль достоверной информации (на основании результатов измерений) и диагностику системы, может быть описан следующим образом: исходные данные, состоящие из информации, поступающей от измерительных приборов, из значений области допустимых границ, из допустимых величин погрешностей, заносятся в оперативную память центрального процессора системы контроля. Далее рассчитываются значения текущих погрешностей и сравниваются наибольшей допустимой величиной. В других блоках системы рассчитываются оценки погрешностей. При заключительном цикле расчета проводится проверка соответствия заданным логическим условиям и при невыполнении этого условия формируется команда, информирующая о частичном отказе n-ого канала системы контроля [4-5].

Список используемых источников:

1. Назаров А.В., Козырев Г.И., Шитов И.В., Современная телеметрия в теории и на практике. СПб.: Наука и техника, 2007, 627 с.
2. Фрайден Д. Современные датчики. Справочник. — М.: Техносфера, 2005. — 587 с.
3. ГОСТ 24.702-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения.
4. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
5. Андык В.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС. Томский политехнический университет. — Томск : Изд. Томского политехнического университета, 2016. — 408 с.

## **Исследование теплового состояния управляющей сетки ключевого элемента с принудительным охлаждением**

Иванов Ю.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Онуфриев В.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Цель исследования — моделирование теплового нагружения СКЭ с цилиндрической геометрией и принудительным охлаждением сетки для оптимизации конструкции и обеспечения эффективного охлаждения управляющего электрода.

Сеточный ключевой элемент — цезиевый или цезий-бариевый триод, работающий в режиме кнудсеновской низковольтной дуги [1]. Характерные межэлектродные расстояния 1...3 мм, характерные температуры электродов: катода 1200...1800 К, анода 580...1150 К, давление паров цезия 1...50 Па [2]. Явление самопроизвольного обрыва тока дает естественное направление в разработке СКЭ [3].

В работе рассмотрена геометрическая модель СКЭ, имеющего цилиндрическую геометрию и следующие размеры: внешний диаметр катода 50 мм, внутренний диаметр анода 57 мм, межэлектродный зазор 3,5 мм. Катод и сетка являются полыми цилиндрами. Сетка установлена между катодом и анодом, имеет прозрачность 0,4 (отношение площади отверстий к площади сетки) и толщину 1,5 мм. На внешней стороне сетки расположены 8 металлических стержней, необходимых для отвода тепла. Между стержнями находятся ячейки сетки, имеющие размер  $a = 1$  мм,  $b = 15$  мм и шаг по высоте 2 мм.

Модель теплового воздействия имеет следующий вид: нагреватель подводит к катоду тепло  $Q_k$ , разогревая его до температуры термоэмиссии; с катода тепловой поток распространяется на анод ( $Q_a$ ) и сетку ( $Q_c$ ) механизмом радиационного переноса энергии и потоком электронов в разряде между катодом и анодом; сетка сбрасывает тепло через металлические стержни ( $Q_{tc}$ ), закрепленные на тепловой трубе (ТТ), а анод — излучением в пространство ( $Q_{amb}$ ).

В программном комплексе САПР SolidWorks была построена твердотельная модель рассматриваемого СКЭ, перенесенная затем в пакет программного обеспечения для анализа методом конечных элементов COMSOL Multiphysics. В ходе работы над задачей использовались модули Heat Transfer in Solids и Surface-to-Surface Radiation [4]. Потери тепла в СКЭ представлены излучением и джоулевым нагревом электродов, связанным с бомбардировкой электронами из разряда. Лучистый теплообмен задан модулем Surface-to-Surface Radiation, степень черноты электродов задана функцией от температуры. Удельный тепловой поток на электроды вследствие бомбардировки электронами задан условием Boundary Heat Source и равен плотности тока разряда умноженной на приэлектродное падение потенциала.

Методом конечных элементов была решена задача теплообмена СКЭ и получены распределения температур сетки при разных режимах работы и материалах электродов СКЭ. Максимальная температура сетки 700 К достигается в области, наиболее удаленной от

тепловой трубы (ТТ) при максимальной температуре катода 1800 К и плотности разряда 2 А/см<sup>2</sup>.

Список используемых источников:

1. Алексеев Н.И., Каплан В.Б., Марциновский А.М., Столяров И.И. // ЖТФ. 1997. Т. 67. Вып. 6. С. 15-21.
2. Физические основы построения и проектирования высокотемпературных систем преобразования тока космических энергодвигательных установок: учебное пособие / Е.В. Онуфриева, В.В. Онуфриев, А.Б. Ивашкин. — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. — 167, с. : ил. ISBN 978-5-7038-5542-3
3. Алексеев Н.И., Каплан В.Б., Марциновский А.М. и др. // ЖТФ. 1996. Т. 66. Вып. 12. С. 21-38.
4. В.В. Титков. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА. Высоковольтная электротехника и электромагнитная совместимость — Сборник практических заданий Matlab и Comsol Multiphysics — Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2009.

### **Оценка изменений физико-химических и эксплуатационных свойств авиационных масел в процессе эксплуатации**

Ильина М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Яновский Л.С.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Жесткие условия работы масел в газотурбинных двигателях (ГТД) обуславливают высокие требования к уровню его физико-химических и эксплуатационных свойств. Масла должны обладать пологими вязкостно-температурными характеристиками, обеспечивающими надежную масляную пленку при высоких температурах и, одновременно, надёжный запуск двигателя при низких температурах окружающей среды без средств технического подогрева, а также высокими противозносными и противозадирными характеристиками, стойкостью к окислению и пенообразованию, хорошей совместимостью с конструкционными уплотнительными материалами [1, 2].

В процессе эксплуатации ГТД происходит термическая деградация масел, уровень их эксплуатационных свойств снижается, что влияет на надежность и безопасность эксплуатации двигателей. Необходимы сведения о скорости изменения свойств, в том числе, с учетом попадания в масло воды и продуктов разложения резин, которые позволят оценить ресурс масла, при котором значения его параметров не превышает установленных норм. [3].

Изучение кинетики изменения физико-химических и эксплуатационных свойств масел под воздействием высоких температур проводилось по методам [1]. Определялись значения кинематической вязкости при температурах 20 °С, 100 °С и минус 40 °С, кислотного числа, количества осадка нерастворимого в изооктане, критической нагрузки, диаметра пятна износа, высоты и времени разрушения столба пены для масла в состоянии поставки, а также окисленного с добавлением воды в концентрациях 0,01, 0,1 и 1% при температурах 200, 225 и 240 °С. Проводилась оценка влияния уплотнительных резин на процесс окисления масла с водой в концентрации 1 %.

По полученным данным были построены зависимости показателей масла, от температуры и времени окисления, а также наличия воды и резин на основании уравнения Аррениуса [4]. Получена оценка ресурса масел, как функции времени достижения предельно допустимого значения по критическому параметру.

Список используемых источников:

1. Яновский Л. С., Ежов В.М., Молоканов А.А., Нормативные требования к отечественным и зарубежным маслам для авиационных газотурбинным двигателям // Вестник МАИ, №4, Т. 19, 2012. С. 81-85.
2. Жирякова М.В., Тифлова Л.А., Русакова Г.М., Скокан Е.В., «Задачи практикума по физической химии. Кинетика реакции в растворах»: методическая, разработка. — М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. Химический факультет, 2015. — 35 с.

3. Сыроедов Н.Е., Галко С.А., Шарькин Ф.Е., Муратханов Н.А. Обводненность синтетических масел для авиационной техники// Научный Вестник МГТУ ГА, №03, Т.19, 2016.

4. Л. С. Яновский, В. М. Ежов, М. А. Ильина, К. В. Шаранина. Исследование термоокислительной стабильности синтетических масел для авиационных ГТД и редукторов вертолётов.// Мир нефтепродуктов, №2, 2021.

### **Газодинамический анализ смесителя воздушно-реактивного двигателя с малой степенью двухконтурности и форсажной камерой**

Коваленко А.С., Григоровский В.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Молчанов А.М.  
МАИ, Москва

Эффективной мерой снижения шума, создаваемого реактивным двигателем на взлете, а также повышением экономичности силовой установки на крейсерских режимах является использование смесителя, располагающегося за турбиной низкого давления (ТНД), для перемешивания потоков внутреннего и наружного контура.

Кроме того, в турбореактивных двухконтурных двигателях с форсажной камерой (ТРДДФ) смеситель, в сочетании со стабилизаторами также обеспечивает устойчивость горения и воспламенения топлива в форсажной камере (ФК). Для достижения максимального эффекта смеситель должен обеспечивать высокую полноту смешения при минимальных гидравлических потерях. Достижение баланса между данными параметрами представляет собой трудоемкий процесс.

Основным способом измерения уровня гидравлических потерь в камере смешения является определение отношения осредненных величин полных давлений на выходе из камеры смешения к давлению на входе в нее, называемым коэффициентом восстановления полного давления осм.

В связи с указанным, дальнейшее проектирование камер смешения и процессов, в них протекающих является важной и актуальной научной и прикладной задачей.

В докладе рассматриваются результаты газодинамических расчетов с помощью комплексов вычислительной гидрогазодинамики (CFD) различных конструктивных вариантов смесителя ТРДДФ с тягой 12.5 тонн. Расчетная модель представляется собой область течения газа и выполнена в виде сетки с элементами, в которых находится решение методом конечных объемов путем численного решения системы дифференциальных уравнений неразрывности, движения и энергии.

Список используемых источников:

1. Молчанов А. М. Математическое моделирование задач газодинамики и тепломассообмена». М.: Изд. МАИ, 2013, 210с.

2. Иноземцев А.А. «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Том 2. Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. 2022, 535-560с.

3. Кулагин В.В. «Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ». –М.: Машиностроение. 2003, 89-129.

4. Anderson J.D. «Fundamentals of Aerodynamics». Fifth edition. 2010, с 808-845.

### **Методы и средства исследования каталитической активности тепловой защиты высокоскоростных летательных аппаратов**

Кожемяко А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитин П.В.

МАИ, Москва

Каталитические и излучательные характеристики материала неразрывно связаны со свойствами поверхностного слоя, такими как состав, физико-химические характеристики, кристаллическая структура, пористость, глубина пробега излучения и прочее. В процессе

работы материала, под действием, например, нагрева, эти свойства могут меняться. Химическое взаимодействие между газовым потоком и поверхностным слоем поверхности также оказывает влияние на каталитические и излучательные свойства. В силу этого, простой набор сведений по указанным характеристикам отдельных элементов и соединений не может дать гарантии, что их применение даст воспроизведение этих свойств в композиции материала или покрытия, что, в свою очередь, предусматривает выполнение специальных теоретических и экспериментальных исследований по изучению каталитических свойств материалов, предназначенных для тепловой защиты, в процессе создания и доводки с целью получения заданных характеристик.

Для многоразовой тепловой защиты высокоскоростных летательных аппаратов с высоким аэродинамическим качеством единственным фактором, который способен уменьшить теплоподвод в конструкцию являются каталитические свойства поверхности теплозащитных материалов. В свою очередь, предельно возможная рабочая температура поверхности материала и ее излучательные свойства являются важнейшими факторами, позволяющими усилить теплоотвод в окружающее пространство. Таким образом, в процессе создания перспективных высокоскоростных летательных аппаратов к актуальным задачам можно отнести теоретический анализ свойств тепловой защиты, а также разработку методов реализации экспериментальных отработок теплозащитных материалов и покрытий с целью повышения каталитических и излучательных свойств.

В данной работе целью является проведение анализа методов и средств исследования каталитических и излучательных свойств тепловой защиты высокоскоростных летательных аппаратов. Рассмотрение постановки экспериментов по определению скорости каталитической рекомбинации и по определению интегральной и монохроматической степеней черноты поверхности тепловой защиты.

Список используемых источников:

1. Никитин П.В., Сотник Е.В. «Катализ и излучение в системах космических аппаратов». Изд. МАИ, 2013г., 332 с.
2. Зубко А.А., Мякочин А.С., Никитин П.В., Сотник Е.В., Побережский С.Ю. «Методы и средства исследования интенсивного теплообмена». Изд. МАИ, 2022г., 118 с.
3. Авдеевский В.С., Галицейский Б.М., Данилов Ю.И. и др. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике». Под ред. Авдеевского В.С., Кошкина В.К., М.: «Машиностроение», 1991г, 518с.
4. Воронин В.Г., Залогин Г.Н. «О механизме рекомбинации атомарного азота вблизи каталитической поверхности, обтекаемой диссоциированным воздухом», 1980г.

## **Разработка нового химического источника тока для ракетно-космической техники**

Кожухов Ю.А.

Научный руководитель — к.т.н. Алашкин В.М.

АО «НПК «АЛЬТЭН», Электроугли

Разработчики современных автономных энергетических установок в ракетно-космической отрасли уделяют особое внимание уменьшению массогабаритных характеристик за счет использования перспективных химических источников тока на основе лития. В рамках данной работы рассматривается анализ возможности создания источника тока, аналога аккумуляторной батареи 23НКМ-1, на основе электрохимической системы литий-фторуглерод.

При проектировании химических источников тока основная задача заключается в учете основных параметров:

- 1) характера нагрузки: постоянный ток, постоянное сопротивление, постоянная мощность;
- 2) режима эксплуатации: непрерывный, прерывистый, импульсный;

3) требований к энергетическим и мощностным характеристикам химического источника тока;

4) характера внешних воздействующих факторов: диапазон рабочих температур и температуры хранения, влажность;

5) срока службы;

6) требований по надежности, механическим нагрузкам, тех. обслуживанию и пожаро- и взрывобезопасности.

Разработка аналога аккумуляторной батареи 23НКМ-1 на основе электрохимической системы литий-фторуглерод имеет ряд преимуществ:

- Высокое разрядное напряжения (2,5 В на элемент);
- Удельная энергия в 5-7 раз выше традиционных электрохимических систем;
- Устойчивость характеристик в процессе разряда за счет выделения электропроводящего углерода в ходе токообразующей реакции внутри элемента питания;
- Уникальная сохраняемость (потеря емкости менее 0,35 % в год);
- Работа в широком температурном диапазоне от минус 15 до плюс 90 °С;
- Отсутствие необходимости проведения технического обслуживания (постоянная готовность к работе);
- Возможность достижения уровня параметрической безотказности 0,9999 в течение длительного срока хранения;
- Масса батареи на основе системы литий-фторуглерод (11ФУЛ-2,5-2) в алюминиевом корпусе составит 650 г, что в 2 раза меньше массы аккумуляторной батареи 23НКМ-1.

Основные особенности проектирования химического источника тока заключаются в оптимизации реакторной части элемента питания, входящего в состав батареи. В процессе анализа данной работы рассматриваются два перспективных направления:

- Конструктивно-технологическая проработка реакторной части элемента, а именно части, лимитирующей параметры всех химических источников тока — катода;
- Оптимизация состава электролита, путем введения инертных добавок, понижающих вязкость электролита.

Направление конструктивно-технологической проработки реакторной части элемента связано с тепловыделением во время работы элемента системы литий-фторуглерод на повышенных плотностях тока более 2 мА/см<sup>2</sup>. Для обеспечения нормального функционирования и возможности работы при постоянной плотности тока не менее 5 мА/см<sup>2</sup> в состав катодного материала предлагается введение добавки диоксида марганца [1], а также изменение способа нанесения катодного материала на токовый коллектор. При разработке малогабаритных химических источников питания для повышения удельных характеристик рационально применить технологию тонкопленочного нанесения катодного материала [2], позволяющего увеличить площадь реакторной части при ограниченном объеме самого элемента питания.

Оптимизация состава электролита связана с необходимостью обеспечения работоспособности при пониженных температурах. Лимитирующим фактором работы химического источника тока является повышение вязкости электролита при понижении температуры эксплуатации ХИТ, затрудняющее перенос ионов лития для токообразующей реакции. Решением, обеспечивающим работоспособность при пониженных температурах, может выступить введение инертных присадок, с более низкой температурой кристаллизации или меньшей вязкостью, чем у основного компонента. [3]

Результат разработки нового химического источника тока на основе электрохимической системы литий-фторуглерод позволит заменить батарею 23НКМ-1 в ракетно-космической отрасли, где особое внимание уделяется надежности, стабильной работоспособности и массогабаритным характеристикам.

Список используемых источников:

1. Фатеев С.А., Пуцылов И.А., Смирнов С.Е. К вопросу тепловыделений в литий-фторуглеродных ХИТ // Электрохимическая энергетика. 2020. Т. 20, № 2. С. 87-98.

2. Сербиновский М.Ю. Литиевые источники тока: конструкции, электроды, материалы, способы изготовления и устройства для изготовления электродов — Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2001 — 155 с.

3. Игнатова А. А., Ярмоленко О.В., Тулибаева Г.З., Шестаков А.Ф., Фатеев С.А. Влияние добавки 15-краун-5 в жидкий электролит на работоспособность Li/CFx систем при температурах до минус 50 °С // Журнал источников энергии. 2016. С. 116-121.

## **Экспериментальные исследования особенностей истечения пелены охладителя за профилированными и цилиндрическими отверстиями**

Колесова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веретенников С.В.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Работы по исследованию пленочного охлаждения ведутся с 1970-ых годов. В научной литературе представлено большое количество экспериментальных исследований пленочного охлаждения. По цели условно их можно разделить на три большие группы: по определению адиабатной эффективности пленочного охлаждения (проводятся на пластине с низкой теплопроводностью) [1]; по определению коэффициента теплоотдачи (выполняются в нестационарной постановке) [2]; по определению структуры течения (методом цифровой трассерной визуализации) [3].

В данной работе представлены результаты по определению адиабатной эффективности пленочного охлаждения на криволинейной поверхности, которая позволяет обеспечить структуру течения идентичную структуре на спинке сопловой лопатки на расстоянии 20 калибров за отверстием, и результаты визуализации структуры течения охлаждающей пелены. Исследовалось истечение из отверстий цилиндрической, веерной формы с коротким (1 калибр) и длинным (3 калибра) диффузорным участком, отверстий типа laidback и комбинированного отверстия (веерного 2 калибра и laidback 1 калибр) расположенных под углом 30° к защищаемой поверхности.

Для проведения экспериментального исследования по определению эффективности пленочного охлаждения была разработана установка, работающая по принципу обратного теплообмена от двух источников сжатого воздуха. Экспериментальные пластины изготавливались из полиамида методом 3D-прототипирования, за отверстиями перфорации была предусмотрена воздушная полость, для обеспечения ее адиабатности. Измерение температуры в эксперименте осуществлялось термографом FLIR T400. По результатам определения адиабатной эффективности пленочного охлаждения на криволинейной поверхности получено, что отрыв пелены за отверстиями цилиндрической формы происходит при параметре вдува  $m > 0,7$ . Эффективность веерных отверстий с коротким диффузорным участком и отверстий типа laidback при  $m=1$  на 31% ниже отверстий комбинированной формы и на 39% веерных отверстий с длинным диффузорным участком.

Визуализация истечения пелены охладителя выполнялась методом PIV, при котором в поток вводятся частицы малого размера (трассеры), лазерным ножом создается расчетная плоскость и образы частиц регистрируются на высокоскоростную камеру. Затем полученные изображения обрабатываются в программном комплексе с использованием кросскорреляционных алгоритмов, которые позволяют получить двухкомпонентное поле скорости. Для исследования особенностей формирования струи охладителя засеивался вторичный поток. По результатам PIV эксперимента истечения защитной пелены из отверстий различной геометрической формы на прямолинейную поверхность было получено, что отрыв пелены от защищаемой поверхности за отверстием цилиндрической формы происходит при параметре вдува  $m > 1$ , при изменении параметра вдува от 0,5 до 2 отрыва пелены за профилированными отверстиями не наблюдалось. По результатам эксперимента при  $m=1$  наименьшая толщина пелены охладителя присуща комбинированному и веерному отверстию с длинным диффузорным участком. За цилиндрическими и веерными отверстиями с коротким диффузорным участком на расстоянии 5 калибров за отверстием при всех параметрах вдува наблюдалась зона обратных токов, что обуславливает более быстрое проникновение охладителя в ядро потока.

Список используемых источников:

1. Liu, Cun-liang; Ye, Lin; Zhu, Hui-ren; Luo, Jian-xia (2017). Investigation on the effects of rib orientation angle on the film cooling with ribbed cross-flow coolant channel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 379–394.
2. Bo-lun Zhang; Hui-ren Zhu; Chun-yi Yao; Cun-liang Liu; Li Zhang; (2021). Experimental study on film cooling and heat transfer characteristics of a twisted vane with staggered counter-inclined film-hole and laid-back-shaped-hole, *International Journal of Heat and Mass Transfer*.
3. Johnson, Blake; Tian, Wei; Zhang, Kai; Hu, Hui (2014). An experimental study of density ratio effects on the film cooling injection from discrete holes by using PIV and PSP techniques. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 337–349.

## **Численное моделирование рабочего процесса в регуляторе расхода топлива газогенератора прямоточного воздушно-реактивного двигателя**

Крюков В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кобко Г.Г.

МАИ, Москва

В данной работе проводилось исследование течения в регуляторе расхода топлива газогенератора прямоточного воздушно-реактивного двигателя с оценкой теплового состояния теплозащитного покрытия. Построены поле распределения числа Маха по тракту сопла газогенератора, картина распределения температуры по поверхности теплозащитного покрытия. Было выявлено, что наибольшее место нагрева поверхности осуществляется в промежуточной области, расположенной между камерой газогенератора и камерой дожигания, в связи с резким торможением потока. Построены картины линий тока продуктов сгорания по тракту сопла и проекции скорости по координате  $X$  декартовой системы, при анализе которых выявлены несколько областей, в которых наблюдается отрыв течения. В результате численного моделирования была подобрана суммарная площадь поперечных сечений проходных каналов регулятора расхода топлива, при которой обеспечивается интенсивное перемешивание на входе в камеру дожигания.

Модель состоит из четырех доменов: поток горячего газа, дозвуковая часть сопла регулятора расхода топлива, сверхзвуковая часть сопла регулятора расхода топлива, сопловой вкладыш. В качестве материалов для теплозащитного покрытия дозвуковой и сверхзвуковой частей применяется углерод-углеродный композиционный материал, а сопловой вкладыш — из пиролитического графита.

Поскольку поле температур в тракте сопла регулятора расхода топлива газогенератора симметрично относительно оси центральной оси регулятора, то целесообразно проведение в модели расчета сектора с углом  $45^\circ$ . Такие допущения позволяют значительно уменьшить количество ячеек сетки, что способствует ускорению расчета.

Расчет проводился в программном комплексе «ANSYS CFX». Построение расчетной сетки выполнено в программном комплексе «ANSYS ICEM CFD».

Для моделирования продуктов сгорания, в качестве рабочего тела горячего газа был задан воздух как идеальный газ. Модель турбулентности была выбрана SST (Shear Stress Transport), так как она включает в себя модели турбулентности  $k-\varepsilon$  (вдали от поверхности) и  $k-\omega$  (вблизи поверхности).

Представленные результаты работы указывают на высокое качество модели, что делает её применимой при проектировании подобных регуляторов расхода топлива. Из достоинств следует отметить, что на проведение расчетов требуется малое время, а также низкие требования к оперативной памяти.

Список используемых источников:

1. Сорокин В.А. Проектирование и обработка ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе: учеб. пособие / В.А. Сорокин [и др.]; под редакцией В.А. Сорокина. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 317 с.
2. Зув В.С., Макарон В.С. Теория прямоточных и ракетно-прямоточных двигателей / М.: Машиностроение, 1971. — 368 с.

## **Методика начального проектирования многоступенчатых осевых компрессоров газотурбинных двигателей с использованием численных моделей разного уровня сложности**

Кудряшов И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горячкин Е.С.

Самарский университет, Самара

Для повышения эффективности газотурбинных двигателей (ГТД) необходимо увеличить общую степень сжатия, температуру рабочего тела на входе в турбину, а также увеличить степень двухконтурности. Это приводит к уменьшению диаметральных размеров газогенератора и его компонентов, в частности компрессора. Из-за этого увеличивается относительный радиальный зазор над рабочими лопатками, что приводит к увеличению потерь на утечку, следствием чего является снижение КПД компрессора. Это, в свою очередь, приводит к снижению КПД двигателя. А снижение КПД двигателя приводит к увеличению удельного расхода топлива и снижению экологических характеристик.

В современных ГТД степень повышения полного давления доходит до 70 и выше. При этом получение требуемого КПД и запаса устойчивости компрессора становится достаточно сложной задачей, решение которой невозможно без применения специальных мер, таких как профилирование лопаток сложной формы, использование различных надроторных устройств, проектирование систем регулирования радиальных зазоров и так далее. Как правило, эти методы реализуются на этапах доработки компрессора, в то время как известные технические решения используются на начальных стадиях проектирования для снижения рисков и стоимости разработки. При этом широко применяется подход, когда один газогенератор используется для ГТД различной тяги и мощности, хотя и с незначительными модификациями. При этом максимально возможный уровень эффективности достигается не только на этапах окончательной разработки, но и в значительной степени определяется на этапах начальной разработки.

Целью работы являлась разработка подхода к начальному проектированию многоступенчатых осевых компрессоров с использованием численных моделей различного уровня сложности. Подход будет включать этапы от начальной разработки матрицы требований и проектирования компрессора с использованием простых одномерных численных моделей до окончательного уточнения с помощью численных трехмерных моделей рабочего процесса. Первоначально проектирование будет проводиться в широкой области поиска с использованием одномерных моделей газодинамики, массы и прочности. Одновременно будет рассмотрено несколько различных траекторий проектирования. Для выбора лучшей из них будет разработана компьютерная программа, оценивающая набор различных критериев.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00210, <https://rscf.ru/project/22-79-00210/>.

Список используемых источников:

1. Холщевников, К.В. Теория и расчёт авиационных лопаточных машин [Текст]/ К.В. Холщевников. — М.: Машиностроение, 1970. — 610 с.
2. Белоусов, А.Н. Проектный термогазодинамический расчёт основных параметров авиационных лопаточных машин [Текст]/ А.Н. Белоусов [и др.]. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. — 316 с.
3. Быков, Н.Н. Выбор параметров и определение основных размеров компрессоров и турбин газогенераторов ГТД [Текст]/ Н.Н. Быков [и др.]. — М.: Изд-во МАИ, 1984. — 70 с.
4. Гельмедов, Ф.Ш. Методология проектирования осевого компрессора [Текст]/Ф.Ш. Гельмедов [и др.// Теплоэнергетика. — 2002. — №9. — С. 19-28.
5. Кампсти, Н. Аэродинамика компрессоров / Н. Кампсти; Пер. с англ. под ред. Ф.Ш. Гельмедова, Н.М. Савина. — М.: Мир, 2000. — 688 с.

## **Влияние биотоплива на процессы в ГТД**

Кузнецов А.Ю., Ястребов В.В., Попов Д.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

В настоящее время одной из тенденций в развитии газотурбинных двигателей и силовых установок является снижение уровня вредных выбросов: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, сажи и некоторых других. Это может быть обеспечено посредством улучшения работы камеры сгорания, что будет выражаться в увеличении полноты сгорания топлива, лучшим перемешивании и т.д. Сейчас данное решение доведено до крайне высокого уровня и разработки маломиссионных ГТД оперируют показателями в единицы и десятки ppm. Однако, эти показатели хорошо отработаны только для традиционно используемых ископаемых видов топлива, которые в будущем планируется заменить на возобновляемые альтернативные: водород и биотоплива.

В данной работе акцент делается на биотопливах: биодизеле, метане, биоэтаноле, аммиаке и прочих, а также их смесей с ископаемым топливом, как частично реализуемом в настоящий момент, например, в Бразилии средстве, и с водородом, как веществом, решающем часть проблем характеристик пламени биотоплив. Различные исследования показывают уменьшение эмиссии вредных веществ вследствие самого состава альтернативных топлив, однако это же является и причиной изменения горения топлива и процессов, ему предшествующих, что приводит к изменению распределения топлива в зоне горения, неполному сжиганию и как один из итогов — уменьшению КПД. Таким образом, показывается, что эти виды топлива при горении в неизменных камерах сгорания приводят к уменьшению тяги. Задача работы в исследовании причин. В качестве свойств, влияющих на работу ГТД и КС в частности будут рассмотрены такие как вязкость, низшая теплота сгорания, точка парообразования, содержание углерода, высота некоптящего пламени, цетановое число. Будут предложены варианты их воздействия на элементы камеры сгорания, возможные решения, недостатки методик расчёта эмиссионных параметров, которые, зачастую, не учитывают общеэкономическое влияние от землепользования.

## **Обзор исследований электрических ракетных двигателей на заборном воздухе**

Куликова В.В., Манегин Д.С.

Научный руководитель — Рязанов В.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Освоение низкой околоземной орбиты является одной из перспективных задач. Однако существует проблема торможения космического аппарата (КА) об остаточную атмосферу. Для повышения срока активного существования (САС) КА предлагается использовать двигательную установку (ДУ). Основой такой ДУ может стать электрический ракетный двигатель (ЭРД), при этом САС КА будет определяться запасом рабочего тела (РТ). А использование в качестве РТ заборного воздуха может теоретически сделать САС неограниченным. Однако заборный воздух является специфическим РТ для ЭРД и переход на него порождает немало инженерных, технологических и других вопросов, связанных не только с эксплуатацией ЭРД, но и с конструкцией КА. Представленный обзор посвящен определению текущего уровня решения разного рода проблем, вызванных применением в качестве РТ для ЭРД заборного воздуха. При этом подобные обзоры выполнялись и зарубежными коллегами, но либо данные, представленные в них, уже потеряли свою актуальность, либо слабо охватывают работы, выполненные российскими специалистами.

В ходе работы было проанализировано более 100 публикаций, посвященных КА с ЭРД на заборном воздухе. Основные проблемы, которые рассматриваются в работах, можно поделить на группы:

- Облик КА;
- Состав заборного воздуха;

- Динамика КА на орбите;
- Использование конструкционных материалов;
- Нейтрализация пучка ЭРД;
- Режимы работы ЭРД;
- Плазмохимические и газодинамические процессы внутри систем КА и снаружи его.

На текущий момент большинство предлагаемых схем ЭРДУ на заборном воздухе [1, 2] состоят из системы питания и управления, коллекторной системы и ЭРД. Однако ДУ в таком виде не будет стандартной, поэтому и облик КА будет выстраиваться вокруг неё. При этом проектирование компонентов КА должно проводиться из условия снижения коэффициента аэродинамического сопротивления и обеспечения эффективной работы ЭРД. Таким образом, оптимизация геометрии КА должна выполняться совместно с подбором системы ориентации и стабилизации. Расчет движения при этом основывается на уточнении модели термосферы с учетом вариаций возмущающих факторов. В пределах НОО актуальным остается вопрос уменьшения коэффициента аккомодации и эрозионного выхода материалов КА путем нахождения холловские, ионные (схемы Кауфмана) и высокочастотные. Можно также предположить, что в рамках предстоящих исследований следует подробнее изучить дополнительные механизмы компрессии (на микроструктурах коллектора), ионизации (пассивная контактная в области воздухозаборника) и альтернативные методы компенсации ионного пучка за срезом ЭРД (бескатодная самонейтрализация).

Анализ открытой литературы показал, что в последние 5 лет интерес к реализации ЭРД на заборном воздухе вырос, а развитие в этой области получило новый виток. Было выявлено, что наиболее экспериментально реализуемыми типами ЭРД на данный момент являются холловские, ионные (схемы Кауфмана) и высокочастотные. Можно также предположить, что в рамках предстоящих исследований следует подробнее изучить дополнительные механизмы компрессии (на микроструктурах коллектора), ионизации (пассивная контактная в области воздухозаборника) и альтернативные методы компенсации ионного пучка за срезом ЭРД (бескатодная самонейтрализация).

Таким образом, обзор научных изысканий по теме показал, что для реализации ЭРД на заборном воздухе необходим комплексный подход к совместному решению технологических и инженерных проблем.

Список использованных источников:

1. Духопельников Д.В., Ивахненко С.Г., Рязанов В.А., Шилев С.О. О возможности использования холловского двигателя на заборном воздухе для удержания космического аппарата на низкой околоземной орбите // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. №12. С. 57-71.
2. Гончаров П.С. Вариант проектного облика космического аппарата с электрической ракетной двигательной установкой на внешнем рабочем теле и требования к орбите функционирования // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 04-07 апреля 2022 года. Том 1. Санкт-Петербург: Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2022. С. 55-60.
3. Марахтанов М.К., Подгуйко Н.А., Семенкин А.В., Хохлов Ю.А. Исследование двухступенчатого холодного полого магнетронного катода // Авиационная и ракетно-космическая техника. 2022. Т.29. №1. С. 109-117.
4. Ahmed M. et al. A Novel Diamond-Based Plasma Neutraliser // IEPC-2022-109, Cambridge, MA, USA, June 19-23, 2022. 9 p.

## **Исследование конфигурации каналов газозвдушного тракта двигателя Ванкеля**

Кураева К.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ильинская О.И.  
МАИ, Москва

В данной работе автором рассматривается возможность оптимизации формы каналов, впускного и выпускного патрубков двигателя Ванкеля для уменьшения потерь давления и увеличения расхода воздуха.

В начале XX века немецкому изобретателю Феликсу Ванкелю пришла идея создания нового типа двигателя внутреннего сгорания (ДВС), в котором полностью отсутствуют возвратно-поступательные движения механизмов. Уже в 1934 году ученый создал первый опытный образец роторно-поршневого двигателя (РПД) и получил на него патент.

Преимущества РПД по сравнению с традиционным ДВС способствовали тому, что его конструкция дорабатывалась и совершенствовалась вплоть до настоящего времени. Зарубежные компании в таких странах, как Япония, ФРГ, США, Великобритания, Австрия наладили серийный выпуск РПД для наземного, водного и воздушного применения.

В работе проведен сравнительный анализ конфигураций исходной формы с двумя радиальными входами и оптимизированного варианта, а также выполнено исследование влияния наддува путем моделирования движения ротора и присоединенных каналов. В ходе работы была построена структурированная расчетная сетка и создан оригинальный алгоритм, учитывающий деформацию ячеек при вращении ротора двигателя. Алгоритм реализован с помощью интерфейса пользовательского программирования на языке С и интегрирован в вычислительный цикл CFD Fluent.

По результатам проведенной расчетным путем оптимизации установлено, что изменение формы каналов газозвдушного тракта привело к увеличению расхода воздуха на 11%. Это позволит улучшить рабочие характеристики перспективного роторно-поршневого двигателя.

Список используемых источников:

- 1.Е.П. Кочеров, В.А. Кононов, В.В. Окорочков и др. К вопросу о развитии тематики роторно-поршневых двигателей за рубежом и в России // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, № 3, 2011. С. 207-214;
- 2.Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1984.- 395 с.;
- 3.О.А. Авдеюк, К.В. Приходьков, А.В. Крохалев Перспективы применения роторно-поршневых двигателей // Молодой ученый, № 5, т.1, 2011, С. 23-25;
- 4.Kenichi Yamomoto, Rotary Engine, Hiroshima Japan, 1981 — 72 с.;

## **Проблема выбора двигательной установки для группировки низкоорбитальных космических аппаратов**

Лодянова В.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хартов С.А.  
МАИ, Москва

В настоящее время стала актуальной тенденция создания космических аппаратов (КА) с оптико-электронной аппаратурой сверхвысокого пространственного разрешения для дистанционного зондирования Земли. Основными сложностями при создании таких КА являются сохранение геометрических параметров объектов, отражение различного рода возмущений, а также вибраций корпуса под влиянием подвижных элементов КА. Преодоление вышеупомянутых трудностей возможно при помощи размещения КА на достаточно низких околоземных орбитах (200-300 км), при этом осуществимо глобальное и высокочередическое наблюдение земной поверхности с использованием средств оперативной доставки информации [1]. В условиях достаточно плотной атмосферы

поддержание параметров орбиты КА является трудной задачей. С экономической точки зрения, большие спутники дистанционного зондирования Земли, масса которых составляет от одной до нескольких тонн, не выгодны. Наиболее выгодным является вариант многоспутниковой группировки КА существенно меньшей массы. Для непрерывного получения и обмена информацией с помощью многоспутниковой системы необходима одновременная видимость с любой точки Земли трёх-четырёх спутников под углами над местным горизонтом. Функционирование такой системы накладывает жёсткие ограничения на условия нахождения спутников в различных плоскостях и на их взаимные углы визирования, кроме того, для экономической эффективности необходимо, чтобы срок активного существования КА был не менее 5 лет [2].

Электроракетные двигатели в сравнении с традиционными жидкостными ракетными двигателями имеют на порядок выше скорость истечения струи, создающей тягу, что позволяет при той же массе топлива увеличить время работы двигателя для решения таких длительных задач. Целью данной работы является структурирование видов электроракетных двигательных установок, исходя из решения поставленной баллистической задачи, и выбор методологических аспектов подбора двигателей для группировки низкоорбитальных КА. Использование электроракетных двигателей влечёт за собой проблему выбора режимов работы двигательной установки. При использовании химических двигателей на борту КА этапы изменения характеристической скорости рассматриваются в импульсной постановке, при этом методики расчёта оптимальных импульсных маневров не вызывают трудностей, межорбитальные переходы такого рода подробно описаны [3,4,5,6]. В случае применения на борту КА электроракетных двигателей большую роль играет обеспечение оптимального управления двигательной установкой.

Электроракетные двигатели, с физической точки зрения, являются ускорителями заряженных частиц, и принципиально в них могут быть реализованы практически сколь угодно высокие скорости истечения струи, создающей тягу. С увеличением скорости истечения для получения того же значения тяги нужно затратить меньше топлива, при этом экономится масса и увеличивается полезная нагрузка, но растёт кинетическая мощность струи, потребляемая электрическая энергия и масса энергоустановки [2]. В связи с этим для каждой конкретной задачи необходимо подбирать оптимальное значение скорости истечения. Реализация и выполнение полного спектра задач групповых низкоорбитальных миссий предполагает оснащение КА наиболее оптимальной электроракетной двигательной установкой. Проектный базис установки предполагает выбор двигателей, входящих в её конструкцию, основанный на использовании специализированной и создаваемой в данной работе методики, подтверждающей обоснованность и необходимость принимаемых технических решений. Выбор двигательной установки для группировки низкоорбитальных космических аппаратов зависит не только от множества факторов, но и от их совокупности. В связи с этим формирование концепции вышеупомянутой методики носит обязательный характер, включающей в себя сопоставление множества факторов для обоснования предпочтительного варианта.

Список используемых источников:

1. Данилкин А.П., Воронков В.Н., Казанцев О.Ю., Кетов В.А., Коптев Ю.Н. Космическая система оперативного мониторинга Земли на базе малых космических аппаратов // Журнал Космическая техника и технологии №1(32)/2021.
2. Ашманец В.И., Григорьян В.Г., Егоров Б.М., Ефимов Ю.Б., Нестеренко О.П., Латышев Л.А., Сергеев М.С., Хартов С.А., Энеев Т.М. Низкоорбитальные спутниковые системы с длительным сроком активного существования. — Препринт МАИ, Москва, 1997.
3. Ильин В.А., Кузьмак Г.Е. «Оптимальные перелеты космических аппаратов с двигателями большой тфги». М.: Наука, 1976.
4. Константинов М.С., Каменков Е.Ф., Перельгин Б.П., Безвербий В.К. «Механика космического полета» М.: Машиностроение, 1989.
5. Охоцимский Д.Е. Сихарулидзе Ю.Г. «Основы механики космического полета». М.: Наука, 1990.
6. Гродзовский Г.Л., Иванов Ю.Н., Токарев В.В. «Механика космического полета. Проблемы оптимизации». М.: Наука, 1975.

## **Анализ эффективности конвективного охлаждения лопаток первой ступени турбины ГТД на основе результатов сопряжённого моделирования**

Мельников С.А., Харитонов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

Разработка турбины является одной из важнейших инженерных задач при проектировании ГТД. Это узел, в котором теснее всего завязаны проблемы прочности, газовой динамики, материаловедения, технологии и т.п. Надежность и ресурс лопаток турбин во многом определяют надежность и ресурс ГТД в целом, а стоимость замены охлаждаемых лопаток турбины может составлять до 50% общей стоимости ремонта всего двигателя [1]. В связи с этим одной из весомых задач является задача корректного определения теплового состояния охлаждаемых лопаток турбин. В работе [2] исследовалось влияние настроек сеточной модели на достоверность решения. Отличие расчётных значений эффективности охлаждения от экспериментальных данных достигали 25% (в зависимости от расположения термопар по профилю лопатки), что является большой погрешностью. В связи с этим является актуальной задача корректного определения теплового состояния охлаждаемых лопаток турбин.

В работе был рассмотрен процесс моделирования теплового состояния сопловой и рабочей лопаток первой ступени охлаждаемой турбины. Охлаждающий воздух в сопловом аппарате (СА) подводится во внутреннюю полость лопаток снизу, затем через дефлектор, в котором выполнены отверстия для реализации струйно-дефлекторного способа охлаждения [3], воздух распределяется равномерно по всей высоте лопатки для запитывания вихревой матрицы [3]. Охлаждение рабочих лопаток (РЛ) конвективное. Подвод воздуха осуществляется через одно из нижних отверстий в основании замка лопатки, со стороны входной кромки лопатки. При сборке рабочего колеса отверстие внутренней системы охлаждения лопатки со стороны выходной кромки закрывается контровкой. В области входной кромки, во внутреннем канале, для интенсификации конвективного теплообмена выполнена вихревая матрица, также вихревая матрица выполнена и в полости в области выходной кромки. На стенках внутреннего канала, который соединяет две вихревые матрицы, находятся рёбра [3] для интенсификации теплообмена. После протекания через каналы охлаждающий воздух выдувается в межлопаточный канал через редан в выходной кромке лопатки.

Создание сеточных моделей на основе полученных геометрических моделей газоздушных областей и твёрдых тел лопаток выполнялось в программе ANSYS Meshing. Расчётные области межлопаточного канала и внутренних каналов охлаждения были разбиты на конечные объёмы неструктурированными тетраэдральными элементами. Всего расчётная модель сопловой лопатки (СЛ) включает в себя 159,0 млн. элементов, модель РЛ 121,6 млн. Достаточно большое количество элементов обусловлено тем, что построение сеточной модели вихревой матрицы так, чтобы сохранить в сетке призматический пристеночный слой, требует операций, приводящих к значительному увеличению количества элементов конечно-элементной сетки газоздушной области. Геометрическая модель газоздушного домена внутренней полости СЛ была разделена на две части: часть с дефлектором и часть с вихревой матрицей. Сеточные модели этих частей были построены отдельно. В проекте эти части соединены интерфейсом типа «General Connection». Толщина первого призматического слоя была подобрана таким образом, чтобы на номинальном режиме работы двигателя обеспечить значение безразмерного параметра высоты первой ячейки  $y^+ \leq 1$ .

Результаты расчёта сопоставлялись с экспериментальными данными, полученными при термометрировании двигателя на номинальном режиме работы. Расчётные данные совпадают с экспериментальными с погрешностью не более 2 % для соплового аппарата и 1 % для рабочей лопатки, что говорит о корректности используемой методики моделирования и настроек сеточных моделей.

Так как значение коэффициента средней по сечению эффективности охлаждения рабочей лопатки плавно изменяется по её высоте, можно сделать вывод, что геометрические параметры вихревых матриц в каналах охлаждения подобраны правильно и теплообмен лопатки с воздухом обеспечивается равномерно по их высоте. Дефлектор, установленный в сопловой лопатке, распределяет воздух в необходимом соотношении между внутренними поверхностями корыта и спинки, потому что эффективность охлаждения спинки и корыта лопатки не отличаются больше чем на 8 %.

Таким образом, на примере охлаждаемых лопаток первой ступени турбины газогенератора была отработана методика подготовки сеточных и расчётных моделей для сопряжённого моделирования. Соответствие результатов расчёта известным экспериментальным данным для выбранных лопаток с погрешностью менее 2% говорит об адекватности используемой методики.

Список используемых источников:

1. Петухов, А. Н. Критические зоны рабочих лопаток турбин авиационных ГТД и рекомендации по обеспечению их эксплуатационной надёжности и ресурса // *Авиационная промышленность*. — 2018. — № 2. — С. 58-62.
2. Andrei Volkov, Vasilii Zubanov, Valery Matveev, Oleg Baturin, and Grigorii Popov, «Rational Settings of a Numerical Model to Simulate the Working Process of an Axial-Film-Cooled Turbine Blade», *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 11, No. 12, pp. 901-907
3. Нагога Г.П. Эффективные способы охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин: Учеб. пособие. М.: МАИ, 1996. 100 с.

### **Математическое моделирование работы компрессора газотурбинного двигателя с неравномерным полем параметров на входе в сосредоточенных параметрах**

Минин А.К.

Научный руководитель — к.т.н. Боровиков Д.А.

МАИ, Москва

Эксплуатация компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) в составе летательного аппарата (ЛА) как правило сопровождается неравномерным полем газодинамических параметров на входе. Неравномерное поле может возникнуть при маневрах ЛА, при попадании теплового следа в воздушный тракт двигателя, при полете ЛА в турбулентных зонах атмосферы. В первую очередь неравномерное поле газодинамических параметров влияет на работу компрессора, снижая его производительность, что показывают экспериментальные данные [2,3]. Учет неравномерного поля газодинамических параметров на входе позволяет получать наиболее подробные характеристики компрессора, с помощью которых возможно более детально рассчитывать режимы работы компрессора при эксплуатации ГТД. С целью учета неравномерного поля параметров на входе можно использовать термодинамическую модель компрессора, основанную на методе связанных графов (МСГ); метод конечных элементов (МКЭ); совместно МСГ и МКЭ; или экспериментальные исследования.

Модель на основе МСГ проста с точки зрения решения математических уравнений и требует меньших временных затрат по сравнению с моделью, построенной на основе МКЭ. За счет простоты уравнений МСГ, их возможно применять как при проектировании компрессора, так и в процессе эксплуатации в реальном времени. Для использования модели, основанной на МСГ необходимы характеристики для каждой ступени компрессора, или характеристика для всего компрессора в зависимости от уровня детализации математической модели, при этом такая модель является одномерной и не привязана к геометрии компрессора. При разбиении всего компрессора на сектора возможно масштабировать уже имеющуюся характеристику компрессора для каждого сектора по расходу воздуха через этот сектор. При разбиении каждой ступени компрессора на сектора

необходимо для каждой ступени иметь характеристики, которые масштабируются по расходу воздуха через этот сектор ступени. Характеристики компрессора или его ступеней могут быть получены как с использованием натурного, так и виртуального эксперимента [1, 4].

Для модели на основе МКЭ нет необходимости иметь характеристики компрессора, однако МКЭ требует больших временных затрат при решении уравнений, поэтому их возможно использовать только во время проектирования компрессора. МКЭ может применяться при необходимости получения детальной картины течения в условиях неравномерного поля газодинамических параметров на входе.

Экспериментальные исследования более достоверны с точки зрения получения параметров по сравнению с математическими моделями, но наиболее дорогостоящи.

В настоящее время математические модели на основе МСГ представляются наиболее перспективными для внедрения в процесс проектирования и эксплуатации компрессоров газотурбинных двигателей. Модель на основе МКЭ позволяет более детально рассчитывать поля параметров в сечениях компрессора газотурбинного двигателя и более точно прогнозировать его поведение при различных внешних условиях, но требует более значительных временных затрат по сравнению с классическими термодинамическими моделями.

Список используемых источников:

1. Ржавин Ю. А., Емин О. Н., Карасев В. Н. Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Теория и расчет: Учебное пособи. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. — 700с.:ил.

2. Aiguo Xia, Xudong Huang, Wei Tuo, Ming Zhou Experimental study of a controlled variable double-baffle distortion generator engine test rig // Chinese Society of Aeronautics and Astronautics & Beihang University Chinese Journal of Aeronautics №31(9) (2018)

3. Peng Lin, Cong Wang, Yong Wang A high-order model of rotating stall in axial compressors with inlet distortion // Chinese Society of Aeronautics and Astronautics & Beihang University Chinese Journal of Aeronautics 30(3) (2017)

4. Применение ANSYS CFX для получения характеристик осевых компрессоров ГТД / Д. А. Ахмедзянов, А. Е. Кишалов, А. В. Суханов, К. В. Маркина // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2012. — Т. 16, № 8(53)

## **Постановочная задача течения сверхзвукового потока в соплах ракетных двигателей для реальных условий**

Мкртчян М.К.

Научный руководитель — д.т.н. Кочетков Ю.М.

МАИ, Москва

Прогнозирование энергетических показателей при создании и проектировании ракетных двигателей не обходится без применения вычислительной газовой динамики. На сегодняшний день разработано большое количество программ по расчету различных ситуаций, возникающих при создании ракетного двигателя.

Постановка задачи играет важную роль при вычислении течения сверхзвукового потока в соплах ракетных двигателей. Уравнение Эйлера, применяемое для вычисления параметров потока, предназначено лишь для идеального случая и несет за собой ряд допущений. К ним можно отнести отсутствие членов, содержащих вязкость и сжимаемость, необходимых для описания реальных условий. Вследствие этого вынужденно устанавливаются граничные условия симметрии и непротекания, которые создают искаженную картину истечения. Условие непротекания приводит к появлению на стенке скоростей, соразмерных с ядром потока, что нельзя отнести к реальному случаю. В связи с этим, постановка задачи течения сверхзвукового потока в соплах ракетных двигателей ставится неверно и задачу необходимо составлять в ином виде.

Целью работы является постановка задачи течения сверхзвукового потока в соплах ракетных двигателей с учетом реальных свойств.

Предлагается постановка задачи с применением уравнения движения для ламинарного потока с граничными условиями прилипания и сопровождения, отвечающие свойствам реального потока, где скорости на стенке сопла имеют показатели, соответствующие действительности. При таком подходе происходит учет потерь на трение и возможно применение для более точного профилирования сверхзвуковой части сопла.

Список используемых источников:

1. Кочетков Ю.М. Турбулентность сверхзвуковых течений / Кочетков Ю.М. // Двигатель. — 2013. — №2. — С. 48-50.
2. Мкртчян М. К., Кочетков Ю. М. Расчет газодинамических характеристик жидкостного ракетного двигателя для ламинарных течений // Вестник МАИ. 2021. Т. 28. № 2, С. 166-176.

## **Расчетно-экспериментальное определение эмиссии вредных веществ в модельной камере сгорания с микрофакельным горелочным устройством**

Новичкова С.С., Гураков Н.И.

Научный руководитель — к.т.н. Матвеев С.С.

Самарский университет, Самара

В настоящее время загрязнение атмосферы авиационными газотурбинными двигателями и энергетическими установками является серьёзной экологической проблемой, для решения которой необходима разработка современных малоэмиссионных камер сгорания. Наиболее эффективными подходами к улучшению экологических характеристик камер сгорания является организация бедного горения топливно-воздушной смеси (ТВС) и применение альтернативных видов топлива, таких как метано-водородные смеси (МВС) или чистый водород. Реализация названных выше мероприятий невозможна на базе традиционных горелочных устройств, обеспечивающих горение в закрученном потоке, в связи с высокой вероятностью проскока, а также возникновением автоколебаний камеры сгорания. Поэтому данное исследование посвящено численно-экспериментальному исследованию микрофакельного горелочного устройства, обладающего значительно более широкими границами устойчивой работы.

Чтобы оценить выбросы вредных веществ разработано микрофакельное горелочное устройство, которое по сравнению с традиционным обладает рядом преимуществ: способностью работать на чистом водороде, более широкие границы устойчивой работы и минимальную вероятность возникновения пульсационного горения, на рабочих режимах камеры сгорания. Разработанное горелочное устройство состоит из 36 струйных форсунок, параметры которых подобраны таким образом, чтобы исключить проскок пламени при любом содержании водорода в МВС. Для подачи МВС в пилотный контур используется 6 форсунок, в основной контур — 30 форсунок. Экспериментальное исследование проводилось на высокотемпературной установке НОЦ ГДИ Самарского университета на 2 режимах:

1. метано-водородная смесь с соотношением  $H_2/CH_4=20/80$  при подаче топлива только в основной контур и коэффициентах избытка воздуха 2,3-3,1 с шагом 0,2,
2. чистый водород с распределением топлива между пилотным и основным контуром  $G_t/G_{main}=50/50; 40/60; 30/70; 20/80; 10/90$  при коэффициенте избытка воздуха равном 2,65.

Для численного моделирования была разработана трёхмерная модель горелочного устройства с помощью САД системы Siemens NX, на основе которой создана сеточная модель, состоящая из 5,6 млн элементов. В рамках данной работы все расчёты выполнялись в Ansys Fluent в стационарной постановке с использованием подхода RANS. Модель турбулентности, используемая в расчётах k-omega SST [1], модель горения Partially Premixed Combustion. В качестве кинетического механизма используется модель Wang 2018 [2] (48 компонентов и 308 реакций). Эмиссия вредных веществ оценивалась по механизму Зельдовича, также с помощью кинетических механизмов Wang, PoLiMi [3] и Коннова.

В результате проведенной работы была доказана эффективность использования микрофакельного горелочного устройства для работы на водороде и метано-водородных смесях при различных коэффициентах избытка воздуха и распределением между топливными контурами. Также были даны рекомендации по выбору кинетического механизма для определения эмиссии NOx и CO, с помощью которого было установлено, что минимальное значение выбросов NOx наблюдаются на режиме  $G_i/G_{main}=10/90$

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10205, <https://rscf.ru/project/22-79-10205/>

Список используемых источников:

1. ANSYS Fluent Theory Manual 17.0 (15151) [Text] / Reaction Design.-USA, San Diego. :Reaction Design, 2015.

2. Wang, Y. A PAH growth mechanism and synergistic effect on PAH formation in counterflow diffusion flames [Text] / Y. Wang, A. Raj, S.H. Chung //Combustion and Flame, 2013. — V.160, I.9. — P.1667-1676.

3. C1-C3 + NOx mechanism (Version 2003, March 2020) [Электронный ресурс] / <http://creckmodeling.chem.polimi.it/menu-kinetics/menu-kinetics-detailed-mechanisms/107-category-kinetic-mechanisms/400-mechanisms-1911-c1-c3-ht-nox> (Дата обращения: 15.06.2023)

## **Оценка газодинамических параметров за диафрагмами газогенераторов**

Осетров С.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Евланова О.А.

ТулГУ, Тула

В ряде конструкций газогенераторов используются конструктивные элементы, которые схематически могут быть представлены как плоские диафрагмы с одним осевым газоводом, с кольцевым газоводом и с системой периферийных газоводов. При движении потока продуктов сгорания при работе газогенераторов через газоводы за диафрагмой образуется одна тороидальная рециркуляционная зона или система рециркуляционных зон. В области рециркуляционных зон теплообмен между продуктами сгорания существенно интенсифицируется по сравнению со стабилизированным течением, причем максимальное значение коэффициента конвективной теплоотдачи наблюдается в конце рециркуляционных зон (сечение присоединения). Данная особенность движения продуктов сгорания обуславливает необходимость увеличения толщины теплозащитного покрытия в области корпуса газогенератора, примыкающей к диафрагме, что вызывает определенные технологические трудности и увеличивает массу газогенератора. В связи с этим представляет практический интерес оценка возможности снижения размеров рециркуляционных зон за диафрагмой за счет применения газоводов с конфигурацией, отличающейся от осевого цилиндрического канала.

Для проведения сравнительных оценок распределения газодинамических параметров за диафрагмой рассматривалось течение продуктов сгорания в проточных частях с цилиндрическим и коническим газоводами.

Математическая модель представляла систему уравнений для газа, содержащую уравнение неразрывности, уравнение количества движения, уравнение энергии и уравнение состояния.

При построении математической модели вводились общепринятые допущения:

- газ представляет изотропную среду со свойствами ньютоновской жидкости;
- коэффициент молекулярной вязкости является функцией абсолютной температуры;
- смесь газов считается обладающей свойствами смеси идеальных газов.

Для численной реализации в работе применялся модифицированный метод крупных частиц, использующий схемы расщепления метода крупных частиц, но реализованный на сетке метода конечных элементов, для построения модели использовались гибридные элементы.

Расчет проводился с использованием программного комплекса «GAS2».

Результаты расчетов были представлены в виде распределения линий тока и скоростей в пристеночном слое за диафрагмой.

Как следует из результатов расчетов, относительная длина рециркуляционной зоны за диафрагмой (отношение длины зоны к разности радиусов внутренней поверхности корпуса газогенератора у диафрагмы и выходного сечения осевого цилиндрического канала) составляет 6. Это значение согласуется с известными данными по относительной длине рециркуляционной зоны при обтекании уступа, что подтверждает адекватность математической модели и программного комплекса.

Результаты расчета показывают, что в случае применения конического газовода относительная длина рециркуляционной зоны составляет 5,8, т.е. практически совпадает со значением длины для варианта с цилиндрическим газоводом.

Вместе с тем, при равенстве внутренних диаметров газоводов при применении конического газовода за счет увеличения радиуса выходного сечения сопла, т.е. уменьшения разности радиусов газовода и выходного сечения сопла, длина рециркуляционной зоны будет меньше, чем в варианте с цилиндрическим газоводом, т.е. длина наиболее теплонапряженного участка уменьшится.

Список используемых источников:

1. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. Под ред. В.С. Аудуевского. - М.: Машиностроение. - 1991. - 450с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840с.

### **Исследование влияния формы интенсификаторов теплообмена на потери полного давления в кольцевых каналах модельной камеры сгорания газотурбинного двигателя**

Панов Е.Н., Янук А.В., Шлык Д.А.

Научный руководитель — Тарасенко А.Н.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Одной из проблем современных кольцевых камер сгорания заключается в перегреве внутренних стенок жаровой трубы. Это в свою очередь уменьшает срок службы камеры сгорания [1]. Решение данной проблемы осуществляется путем изменения геометрии камеры сгорания, изменения системы охлаждения жаровой трубы или добавления интенсификаторов на внешнюю сторону жаровой трубы. Добавление интенсификаторов не изменяет кардинально геометрию камеры сгорания, при этом улучшает тепловое состояние стенок жаровой трубы за счёт увеличения поверхности теплообмена. При этом увеличиваются потери давления в кольцевых каналах камеры сгорания, поэтому целью работы является анализ влияния формы интенсификаторов на перепад давления в кольцевых каналах камеры сгорания газотурбинных двигателей при конвективно-плёночном охлаждении [2].

Для решения данной задачи использовался элемент сектора величиной  $5^\circ$  модельной кольцевой камеры сгорания. Элемент сектора состоит из двух поясов охлаждения с уставленными позади них интенсификаторами различных форм. Анализ выбранной модели камеры сгорания проводился при помощи методов численного моделирования. При решении использовалось имитация горения посредством подачи горячего воздуха через фронтное устройство. Были получены зависимости перепада давления в кольцевых каналах от формы интенсификатора. Система охлаждения оставалась неизменной, а интенсификаторы имели прямоугольную, треугольную, параболическую и гиперболическую формы.

Из полученных зависимостей видно, что наименьший перепад давления достигается при треугольной форме интенсификатора. Изменение формы способствовало увеличению перепада давления, вплоть до максимального при прямоугольной форме интенсификатора.

Список используемых источников:

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. / Под ред. д.т.н. В.Е. Дорошенко, М.: Мир, 1986. — 566 с.

2. Побелянский А.В., Дмитриев Д.К., Левихин А.А. Интенсификация конвективного теплообмена стенок жаровой трубы 3-Д печатного микроразмерного турбореактивного двигателя / Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение». Т 1. № 6. 2022. — С. 128-138.

### **Создание реакторной модели камеры сгорания газотурбинного двигателя для оценки экологических показателей**

Пелевин В.С., Алексенцев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Филинов Е.П.

Самарский университет, Самара

В современном мире мы все тщательнее оберегаем экологию и боремся за сохранность природы, в чем нам активно помогают различные структуры. Одной из таких структур является ИКАО, в обязанности которой входит разработка и принятие мер по минимизации воздействия авиации на окружающую среду за счет сокращения выбросов и ограничения уровня шума самолетов.

Если авиационный двигатель не прошел сертификацию по выбросам в ИКАО, то самолету с такими двигателями будет запрещена посадка в большинство стран, поэтому инженеры трудятся не только над эффективностью силовых установок, но и над их экологическими показателями.

Проектирование, разработка и доводка современных камер сгорания — дорогостоящий и трудоемкий процесс, поэтому необходимо на этапе концептуального проектирования понимать, варьированием каких параметров достичь тех или иных показателей.

В данной работе была создана упрощенная реакторная модель камеры сгорания для оценки экологических показателей. Главной задачей, решенной в данной работе, было получение зависимости индексов эмиссии  $EI_i$   $i$ -х компонентов в составе продуктов сгорания от геометрических показателей КС и входных параметров.

При разработке модели был исключен комбинированный метод из-за неоправданной сложности и неточности, связанной с проблематичностью моделирования зоны пламени и пристеночной области [1]. Созданная математическая модель основана на созданных ранее методиках с измененной структурой для более точных расчетов, с учетом однородности состава горючей смеси. Также, реакторная модель корректно предсказывает снижение выбросов монооксида углерода с повышением температуры окружающей среды.

Заключительным этапом было проведено сравнение результатов расчетов с эмпирическими данными. Как правило, информация о параметрах ключевых узлов перспективных энергоустановок представлена в неполном объеме, поэтому сравнение проведено на основе ранее собранных статистических данных [2] и доступных отчетах испытаний ИКАО.

Данная работа показала потенциал создания одномерной модели камеры сгорания и газогенератора в целом. Доведенная реакторная модель будет интегрирована в разработанную в Самарском университете САЕ-систему «АСТРА» [3], что позволит на этапах концептуального проектирования ускорить и удешевить процесс создания газотурбинных двигателей, а также более обоснованно выбирать тип, параметры и конструктивные особенности КС.

Список используемых источников:

1. Захаров В.М. Разработка реакторных моделей диффузионной камеры сгорания для сравнительного анализа детальных и редуцированных кинетических схем горения углеводородных топлив // Физика горения и взрыва. 2009. Т. 45. № 2. С. 20–28.

2. Диденко А.А. Теория и расчет камер сгорания ВРД. Часть II. Оценка экологических показателей камер сгорания ГТД: учеб. пособие для курсового и дипломного проектирования // Самара: Изд-во СГАУ. 2012. С. 54.

3. Кузьмичев В.С., Крупенич И.Н., Рыбаков В. Н. и др. Формирование виртуальной модели рабочего процесса газотурбинного двигателя в САЕ системе «АСТРА» // Труды МАИ. 2013. № 67. С. 15

### **Влияние дополнительного стационарного магнитного поля на высокочастотные ионные двигатели**

Песков В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Канев С.В.

МАИ, Москва

Развитие космической техники на современном этапе не может быть реализовано без качественного развития двигательных установок с электроракетными двигателями. Актуальным и востребованным исследованием в этой области является поиск новых способов улучшения характеристик электроракетных двигателей, в частности — ионных двигателей (ИД).

Большой практический интерес представляет исследование влияния внешнего стационарного магнитного поля на токи, создаваемые индуктором в высокочастотных ионных двигателях (ВЧИД). Объектами таких исследований являются модели высокочастотных ионных двигателей, оснащенные дополнительными магнитными системами различных конфигураций.

Целью работы является оценка влияния различных факторов на взаимодействие стационарного магнитного поля с плазмой ВЧИД.

Повышение интегральных параметров высокочастотных ионных двигателей достижимо как за счёт оптимизации ионно-оптической системы по максимальному извлекаемому ионному току, так и за счёт совершенствования рабочего процесса в разрядной камере. Существенное негативное влияние на ионизацию рабочего тела в ВЧИД оказывают потери, связанные с амбиполярной диффузией заряженных частиц к стенкам разрядной камеры [1]. В связи с данными потерями растут энергозатраты на ионизацию рабочего тела. С целью снижения данного влияния предполагается использование в конструкции двигателей магнитных систем (ловушек) [2].

В работе приводятся данные экспериментального и теоретического исследования случая, когда дополнительное магнитное поле направлено вдоль оси двигателя. Магнитное поле способствует появлению колебаний электронов в радиальном направлении, а также создает дополнительное сопротивление движению электронов в азимутальном направлении. Наиболее всего эффект от наличия дополнительного магнитного поля заметен при частоте вращения электронов, сопоставимой с частотой индуктора, когда оно начинает заметно влиять на индуцированные токи.

Увеличение амплитуды колебаний в радиальном направлении способствует обмену импульса между слоями, следствием чего является выравнивание индуцированных скоростей. Падение амплитуды в азимутальном направлении, в свою очередь, приводит к уменьшению скин-эффекта, то есть к более глубокому проникновению индуцированного электромагнитного поля в плазму. Следствием совместного действия этих эффектов является выравнивание эффективной полной температуры электронов по радиусу, то есть выравнивание энергии электронов и значительное увеличение ее концентрации [3], что усиливает интегральные характеристики ВЧИД.

Влияние этих эффектов экспериментально доказано в рамках работы [1] путем исследования электростатическими зондами моделей ВЧИД разной мощности, оснащенных в области высокочастотного разряда дополнительного постоянного магнитного поля рупорно-аксиальной конфигурации, результатом которого является удовлетворительное согласование с теоретическими предположениями.

Интерес представляет возможность использования подобных систем в классических ионных двигателях, а также оценка эффективности влияния этих систем на интегральные

характеристики данных двигателей, схожих по механизму ускорения с ВЧИД, но отличающихся от них конструкцией.

Список используемых источников:

1. Мельников А.В. Высокочастотный ионный двигатель с дополнительным постоянным магнитным полем: дис., кан. тех. наук. — М.: 2019 — 157 С;
2. Kanev S.V., Melnikov A.V., Nazarenko I.P., Khartov S.A. Mathematical model of radio-frequency ion thruster with an additional magnetostatic field // 18th International Conference «Aviation and Cosmonautics» (AviaSpace-2019), 2020., doi:10.1088/1757-899X/868/1/012010;
3. Khartov S.A., Melnikov A.V., Kozhevnikov V.V. Characteristics of Radio-Frequency Ion Thruster with an Additional Magnetic Field in the Ionization Area // The 36th International Electric Propulsion Conference, University of Vienna, Austria, 2019., IEPC-2019-240.

### **Анализ результатов моделирования теплового потока в стенку камеры жидкостного ракетного двигателя с использованием различных кинетических механизмов реакции горения метана с кислородом**

Печенина П.А., Васильева А.С., Мукамбетов Р.Я.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Применение численного моделирования на этапе проектирования жидкостного ракетного двигателя позволяет оценивать его эффективность и выводить рекомендации по совершенствованию еще на стадии проектирования, не проводя при этом дорогостоящего эксперимента. В связи с вышесказанным применение численного моделирования в процессе проектирования двигателя является актуальной научно-технической задачей.

В данной работе проведен процесс численного моделирования рабочего процесса и теплового состояния стенки в камере сгорания жидкостного ракетного двигателя в сопряженной постановке с применением модели турбулентности GEKO и модели горения PDF-Flamelet с разными кинетическими механизмами реакции горения перспективной топливной пары кислород–метан. Проведен анализ влияния выбора кинетического механизма на тепловой поток от продуктов сгорания в стенку камеры сгорания. По результатам анализа определено, что математическая модель с сокращенным кинетическим механизмом Жукова-Конга показывает наибольшее значение температуры и теплового потока в стенку камеры сгорания, модель же с детальным механизмом Grimech-3.0 показывает наименьшее значение теплового потока. Распределение температуры стенки и теплового потока по длине камеры сгорания, полученное с помощью кинетических механизмов горения метана с кислородом Жукова-Конга и Казакова показывают сходную картину. В связи с этим можно сделать вывод, что наиболее подходящим кинетическим механизмом в численном моделировании рабочего процесса — это механизм Жукова-Конга.

### **Оценка возможности применения машинного обучения для решения задач контактного взаимодействия деталей энергетических установок**

Полетаев А.О., Шилов М.С., Гритчин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

МАИ, Москва

В настоящее время всё более широким становится применение адаптивных алгоритмов, то есть машинного обучения. Машинное обучение — обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться [1]. Применительно к теплофизике машинное обучение используется в связке с уравнениями математической физики. Обсуждаются способы введения смещений, обусловленных физическими ограничениями. Существуют примеры восстановления температурных и скоростных полей, полей давлений по изображениям визуализированных потоков [2]. Также известны примеры предсказания критического теплового потока при кипении, предсказания аварийных ситуаций на тепловых сетях [3]. Однако для задач контактного взаимодействия

поверхностей машинной обучение не применялось, хотя такие задачи являются одними из важнейших, ведь именно контактное взаимодействие поверхностей влияет на термическое контактное сопротивление.

В настоящее время термическое контактное сопротивление определяют в основном путём экстраполяции экспериментальных данных температурного поля. Что касается контактного взаимодействия поверхностей, то здесь подход сводится примерно к тем же экспериментальным исследованиям и эмпирическим формулам, хотя присутствуют попытки моделирования контактирующих поверхностей [4]. Достоинством таких методов является приемлемая точность исследуемых параметров. К недостаткам можно отнести временные затраты и дороговизну исследований.

В случае взаимодействия контактирующих поверхностей хорошо подойдёт машинное обучение, в частности нейронные сети — специальные алгоритмы, способные интерполировать имеющиеся массивы данных на немного отличающиеся случаи. Уже известны нейросети способные распознавать самые различные изображения [5]. Это означает, что распознавание, к примеру, фотографий контактирующих поверхностей под микроскопом с дальнейшим определением шероховатости для нейросетей посильная задача. Важно лишь иметь достаточный массив данных «фотография – шероховатость» для обучения. Такой подход позволит определять шероховатость поверхностей по фотографии при этом без использования времязатратного исследования поверхности с использованием профилографа или лазера. А при известной шероховатости определение параметров взаимодействия поверхностей (площадь контакта, термической сопротивление) превращается в расчётную задачу.

Список используемых источников:

1. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 452с.: ил.;
2. Н.В. Кирюхина, А.Р. Крицкая. Машинное обучение, основанное на физике, для решения задач теплообмена в газах и жидкостях. (ISSN 2413-6220)
3. А.А. Ахваев, В.Ф.Шуршев. (2020). Применение машинного обучения в прогнозировании предаварийных ситуаций в системах теплоснабжения (ISSN 2072-9502)
4. Vykov L., Ezhov A. Three-dimensional of modeling microgeometry of contact pairs in technical systems //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — IOP Publishing, 2020. — Т. 709. — №. 2. — С. 022057. DOI: 10.1088/1757-899X/709/2/022057
5. А.С. Прокопоя, И.С. Азаров (2020). Сверхточные нейронные сети для распознавания изображений.

## **Исследование современных малоразмерных двигателей внутреннего сгорания, агрегатов наддува, перспективы их совершенствования**

Попов Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеренко В.Г.

МАИ, Москва

Рассматриваются конструктивные схемы и параметры современных агрегатов наддува малоразмерных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и их турбокомпрессоров (ТКР), разработанных отечественными и зарубежными фирмами, особенности их проектирования и классификация. Выполнена расчётная оценка допустимой интенсивности наддува и увеличения мощности исходных ДВС, отечественных двигателей РМЗ — 500 и РМЗ 640-34, производства ОАО «РУССКАЯ МЕХАНИКА». Максимальная мощность этих двигателя составляет 52 и 28 л.с., а величины сжатия в их двух цилиндрах равны величинам 9.2 и 10.8 соответственно. [2] Известно, что увеличение степени сжатия в агрегате наддува ДВС возможно до величины, равной 14 При этом, безусловно снижается ресурс их работы, но для ЛА типа дрон это не так принципиально.

Практический интерес к ДВС такой размерности актуален, это связано с необходимостью создания отечественных силовых установок для беспилотных летательных

аппаратов (БПЛА). В настоящее время в России приобретен иранский дрон Герань 2 с немецким двухтактным ДВС фирмы Limbach мощностью 50 л. с. Стоимость этого ЛА составляет порядка 4,0 миллиона долларов. Возможно и целесообразно реализовать импорт замещение этой иностранной силовой установки (СУ) на один из двух указанных выше ДВС.

Термо-газодинамический расчёт турбокомпрессора (ТКР) для агрегата наддува ДВС известен и представлен в [1]. Он включает в себя газодинамический расчёт центробежного компрессора (ЦБК) и газовой турбины ТБК. Не стандартным конструктивным решением является применение трубчатого или другой оптимальной конфигурации безлопаточного диффузора ЦБК и регулирование турбины агрегата наддува ДВС путём поворотного соплового аппарата центростремительной турбины. Лопатки СА центростремительной турбины находятся между двумя плоскими поверхностями, поэтому минимизация их радиальных зазоров не вызывает конструктивных проблем. Необходимо только дополнительное охлаждение деталей кинематики поворотной системы лопаток СА турбины.

Что касается причин отказа от лопаточного диффузора ЦБК, то в материалах доклада будут представлены экспериментальные данные замеров углов выхода сжатого воздуха на выходе из рабочего колеса ЦБК, которые свидетельствуют о наличии сильных отрывных течений на входе в лопаточный диффузор из-за недопустимых величин углов атаки на входе в направляющие лопатки этого диффузора. Причины такого явления хорошо известны, это влияние пограничного слоя и интенсивные вторичные течения, возникающие на поверхности торца рабочего колеса ЦБК, расположенного между корневыми сечениями его лопаток, вследствие градиентов давлений между их вогнутой и выпуклой сторон, а также из-за влияния перетечек газа через радиальный зазор ЦБК.

Отрывные течения газа на входе в лопаточный диффузор можно частично ликвидировать, если сделать лопатки диффузора вращающимися. Для этого надо установить лопаточный диффузор на собственные подшипники качения, и он будет вращаться вследствие закрутки газа на выходе из рабочего колеса ЦБК. Конструктивная проработка такого решения подготовлена и будет представлена на конференции. [3]

Список используемых источников:

1. Ржавин Ю.А., Карасёв В.Н. Термо- газодинамический расчёт турбокомпрессора для агрегата наддува ДВС. Учебное пособие. — М.: Дипак, 2004 г., 44 с.
2. Снегоход. <https://снегоход.рф/polezno/stati/dvigatel-rmz-640.html>
3. Варсегов В.Л., Абдуллах Газодинамическая оптимизация лопаточных диффузоров клиновидной формы центробежного компрессора малоразмерных турбореактивных двигателей на основе численного моделирования // Вестник Московского авиационного института. 2017 Т. 26 № 4 С. 134-143.

## **Исследование возможностей ГТД гибридной схемы для улучшения динамических свойств двигателя**

Ромашихин И.М., Сметанин С.А.

ЦИАМ им. П.И. Баранова, Москва

Перспективным направлением развития авиационных силовых установок (СУ) является их электрификация. Электрификация позволит повысить эффективность СУ и улучшить ее экологические характеристики. С учетом настоящего уровня развития электрических технологий в ближайшей перспективе ожидается создание гибридных СУ, которые совмещают в себе преимущества тепловых и электрических двигателей [1].

Различают несколько схем построения гибридных СУ. В последовательной схеме тяга создается электроприводным вентилятором, электропитание которого осуществляется от генератора, приводимого во вращение газотурбинным (ГТД) или поршневым двигателем. В параллельной схеме гибридизации для создания тяги используется ГТД, на валах которого устанавливаются электромоторы с питанием от аккумулятора или вспомогательной силовой установки. В настоящее время в мире активно ведутся исследования влияния электрических технологий на рабочий процесс ГТД гибридных СУ [2].

В данной работе проводится исследование возможностей улучшения динамических характеристик гибридного ТРДД параллельной схемы для снижения времени приемистости при сохранении требуемых запасов по параметрам рабочего процесса газотурбинного двигателя. Снижение времени приемистости позволит улучшить маневренность самолета и повысить безопасность при уходе на второй круг.

Для решения поставленной задачи используется термогазодинамическая математическая модель ТРДД [3] с высокой степенью детализации, доработанная для обеспечения возможности моделирования отбора и подвода электрической мощности к роторам двигателя. Такая модель позволяет имитировать различные способы распределения электрической мощности: отбор и передача мощности от одного ротора к другому, подвод мощности от внешнего источника энергии к каждому ротору по отдельности или к обоим роторам одновременно в разных пропорциях. Моделирование управления газотурбинным двигателем осуществляется с использованием математической модели системы автоматического управления (САУ), воспроизводящей все основные функции САУ: регулирование расхода топлива на установившихся и переходных режимах работы двигателя, ограничение предельных значений параметров рабочего процесса, управление органами механизации проточной части двигателя.

Расчеты для оценки эффективности электрической подкрутки роторов ГТД проводились для наземных условий при мгновенном подводе электрической мощности в размере 180 – 900 кВт в начале переходного процесса.

По результатам моделирования работы двигателя при разных способах управления электрической мощностью показано, что подвод мощности к ротору высокого давления (РВД) при управлении расходом топлива по программе поддержания постоянного ускорения  $dnk/dt$  в процессе приемистости приводит к уменьшению расходуемых запасов ГДУ КВД на 13% и снижению заброса по температуре газа на 50 К при сохранении  $t_{pr} = 5$  с. Подвод электрической мощности к ротору низкого давления (РНД) не позволяет повысить запасы ГДУ КВД в переходном процессе и использовать их для улучшения динамических характеристик ГТД. Для определения возможности снижения времени приемистости синтезирован «виртуальный» регулятор запасов ГДУ КВД ( $\Delta K_u$ ), поддерживающий требуемые запасы устойчивости в переходном процессе. Применение такого регулятора для управления расходом топлива в камеру сгорания гибридного ТРДД позволяет уменьшить время приемистости с 5 до 3 с при подводе дополнительной электрической мощности к РВД в размере 900 кВт. При этом из-за уменьшения коэффициента избытка воздуха в камере сгорания увеличивается заброс по температуре газа на входе в турбину на 55 К, способствующий повышению малоцикловой повреждаемости и ускоренной выработке ресурса ГТД. Для снижения величины заброса по температуре газа рассмотрена схема одновременного подвода мощности к обоим роторам двигателя в пропорции 3:1 (675 кВт к РВД и 225 кВт к РНД). При таком способе управления электрической мощностью сохраняются исходные величины заброса по  $T^*_{г}$  и расходуемым запасам ГДУ КВД в переходном процессе при сопоставимом уменьшении времени приемистости на ~ 2 с.

Список используемых источников:

1. Pierre-Alain Lambert, Dominique Alejo, Yann Fefermann, Christophe Maury, Bruno Thoraval, Jean-Philippe Salanne, Askin T. Isikveren Long-term hybrid-electric propulsion architecture options for transport aircraft // Proc. of Greener aviation 2016. 2016.
2. Kratz J.L., Culley D.E., Thomas G.L. A Control Strategy for Turbine Electrified Energy Management // Proc. of 2019 AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium. 2019. AIAA 2019-4499.
3. Системы автоматического управления авиационными ГТД: Энциклопедический справочник / Под ред. д.т.н., проф. О. С. Гуревича – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. — 208 с.

## Подход к предварительному проектированию ТВД с учетом многодисциплинарности

Рызыванов И.П.

Научный руководитель — к.т.н. Тисарев А.Ю.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Процесс проектирования авиационного двигателя сложный и много-итерационный. Основная причина заключается в разнovidности физических процессов и необходимости обеспечения разнородных требований, предъявляемых к изделию. Каждая дополнительная итерация, возникающая по причине необоснованности принятых решений на начальном этапе проектирования, с каждым последующим этапом стоит значительных временных и финансовых затрат, которые сложно учесть при определении бюджета проекта и сроков его реализации. Поэтому на начальном этапе проектирования требуется как можно точнее определить общий облик двигателя исходя из выбора обоснованных решений, учитывающих разнообразность взаимовлияния данных решений на параметры, определяющие требования в техническом задании.

Классический подход к проектированию на начальном этапе, как правило, представляет собой последовательность рассмотрения дисциплин: термодинамика, аэро- и газодинамика, прочность и т.д. Проработка каждой дисциплины зачастую происходит изолированно и при удовлетворении заданных требований результаты передаются на следующий шаг. Данный подход сопряжен с длительностью итерационного согласования дисциплин, которые часто проходят в ручном режиме, а также с не оптимальностью принятых решений с точки зрения минимизации стоимости жизненного цикла при удовлетворении требований технического задания. Альтернативный подход к проектированию заключается в сквозном расчете всех рассматриваемых дисциплин внутри одной программы.

Для расчета основных дисциплин последовательно и внутри одной программной среды существует около двух десятков программ, разрабатываемых по большей части за рубежом [1-3]. В данной работе ставится цель разработать программное средство для предварительного проектирования турбины высокого давления, включающее в себя модули профилирования, оценки температурного состояния и прочностных показателей. Для разработки программных средств использовался интерпретируемый язык программирования.

В результате были разработаны подпрограммы для расчета газодинамики проточной части, прочности лопатки, теплового состояния диска, прочности диска и лопатки. Используя программу на базе одного варианта термодинамики, в ходе оптимизации были получены 48 вариантов проточных частей. Отбрасывая варианты с меньшим КПД, получены 23 варианта рабочих колес. Рассматривая критерии массы рабочего колеса и КПД, были выбраны 3 рабочих колеса для дальнейшей конструкторской проработки.

Список используемых источников:

1.Тимо Шлетт, Стефан Штаудахер, Предварительное проектирование и анализ сверхзвуковых реактивных двигателей бизнес-класса// Аэрокосмическая промышленность 2022, 9, 493

2. Йешке, П. и др., Предварительное проектирование газовой турбины с использованием системы многодисциплинарного проектирования MOPEDS// П. Йешке, АСМЕ ТУРБО ЭКСПО, 2002, т. 126.

3. Панченко, Ю., и др., Предварительная многодисциплинарная оптимизация при проектировании турбомашин// Ю. Панченко, Документ представлен на симпозиуме РТО АВТ по сокращению времени и стоимости приобретения военных транспортных средств с помощью усовершенствованного моделирования и виртуальной симуляции, состоявшегося в Париже, Франция, и опубликованном в РТО-МР-0891.

## **Применение сопел с центральным телом в жидкостных ракетных двигателях**

Савцов М.Э., Винокуров Е.М., Новиков А.Д.

Научный руководитель — Мукамбетов Р.Я.

МАИ, Москва

Важной задачей на пути освоения околоземного космического пространства и дальнего космоса является уменьшение стоимости выведения полезного груза на околоземную орбиту. Основное направление минимизации стоимости выведения вытекает, исходя из требований повышения энергетических характеристик ракетных двигателей — уменьшения импульса, уменьшения габаритов и массы двигательной установки при снижении затрат на разработку и эксплуатацию с условием улучшения надежности всей двигательной установки в целом. Особый интерес представляет использование сопел с центральным телом в ракетных двигателях. Данные сопла получают короче обычных сопел Лавалья и в отличие от них дают весьма небольшие потери удельного импульса при давлении заметно ниже расчетного, поскольку из-за отсутствия стенок в сверхзвуковой части сопла не происходит перерасширения рабочего тела, тем самым они обеспечивают саморегуляцию двигателя, исключив работу на нерасчётных режимах. В данной работе описан принцип работы двигателей, использующих сопла с центральным телом, приведены их достоинства по сравнению с классическим соплом Лавалья, обуславливающие целесообразность их применения и объясняющие интерес, представляемый данной областью ракетного двигателестроения. Рассмотрены основные проблемы данного типа двигателей, а также предложенные способы их возможного решения. Приведены примеры испытаний и практического использования сопел с центральным телом, а также перспективные проекты, использующие данный тип сопел, которые актуальны и сегодня.

## **Теория кинетики трения при расчете рабочих параметров радиальных подшипников скольжения для высокооборотных роторов**

Сводин П.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Мякочин А.С.

МАИ, ОКБ им. А. Льюльки, филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва

Радиальные подшипники скольжения (РПС) опор роторов современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД) эксплуатируются при высоких переменных нагрузочных и скоростных режимах. В данных условиях наиболее перспективным является применение жидкостного трения (ЖТ) в рабочем установившемся режиме для опоры ротора с подшипником скольжения в среде жидкостного смазочного материала при высоких переменных радиальных нагрузках и с заданным повышенным ресурсом эксплуатации. На рабочем режиме устойчивого ЖТ в РПС безусловное преимущество принадлежит гидродинамическому процессу во взаимодействии с инерционными силами, приложенными к центру вращения опоры ротора. Исследование процессов трибосистем опор скольжения для АГТД с учётом влияния инерционных сил приводит к разработке новых расчётных математических моделей (ММ) на основе методов кинетики вращающегося ротора РПС.

В настоящее время в основу стандартных расчётов гидродинамических процессов скольжения в РПС положена гидродинамическая теория смазки [1-4]. Следует отметить, что гидродинамическая теория смазки РПС приводит к объёмным расчётным работам при проектировании нестандартных РПС для опор роторов современных АГТД при высоких частотах вращения, переменных нагрузках и ресурсе эксплуатации, где между поверхностями трения могут возникать турбулентные течения жидкой смазки [1,4]. При турбулентном течении смазки в зазоре РПС расчеты по стандартным методикам (ГОСТам) в значительной мере усложняются [1].

Для роторов с высокими значениями частот вращения РПС существуют ограничения по посадке ротора во вкладыш. Так, например, при частоте вращения вала 14000 об/мин, гидродинамической теорией трения допускается величина разрешенной посадки около 120 мкм. Это существенно ограничивает возможные конструкторские решения при разработке

РПС для роторов АГТД с высокими частотами вращения, т.к. размеры опоры ротора АГТД известны заранее.

В случае учета турбулентных процессов в трибологии РПС затрачивается много дополнительного интеллектуального труда для расчётов, которые, в основном, носят чисто научный характер [4]. При этом, отсутствуют разработанные универсальные методы расчётов турбулентных процессов трения. В данной связи, возникает необходимость разработки инженерных методов расчёта РПС на первичном этапе проектирования опор высокооборотных роторов АГТД, основанных на качественно другом научном подходе к решению задач трибологии. Выдвинуто предположение (гипотеза), что процессы гидродинамики в зазоре РПС количественно и однозначно определяют кинетику ротора РПС на установившихся режимах устойчивого ЖТ. Постановка данной научной проблемы приводит к разработке новой методологии расчёта высокооборотных РПС опор ротора АГТД на основании теории кинетики трения при взаимодействии инерционных и гидродинамических сил, возникающих между поверхностями трения.

Список используемых источников:

1. ГОСТ ИСО 7902-1-2001 Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Часть 1. Метод расчета. — Минск, 2002. 31 с.
2. ГОСТ ИСО 7902-2-2001 Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Часть 2. Функции, используемые для расчета. — Минск, 2002. 31 с.
3. ГОСТ ИСО 7902-3-2001 Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Часть 3. Допустимые рабочие параметры. — Минск, 2002. 31 с.
4. Поскрыбывшев В.А., Исько А.Б., Тарновский А.И., Герасимов С.В. Разработка модели к определению подъёмной силы масляного клина в подшипниках скольжения. Науч. Жур. Проблемы механики современных машин. ФГБОУ ВПО «БрГУ», г. Братск. 2012, т.1. С. 12–13.

### **Стенд демонстратор работы осевого компрессора**

Смоленченко М.А., Цепков Д.В.

Научный руководитель — Горбунов А.А.

МАИ, Москва

В данной статье описывается демонстрационный стенд работы осевого компрессора. Стенд создавался для использования в учебном процессе таких дисциплин как «Испытания ВРД», «Лопаточные машины» и «Теория ВРД».

Стенд моделирует работу осевых компрессоров, в том числе неустойчивых режимов работы с последующим получением характеристик: статическое и полное давления воздуха, температура воздуха, частоту вращения. Моделируемые сигналы датчиков, на основе частоты вращения и положения дросселя, выводятся на монитор стенда. Полученные характеристики позволяют рассчитать степень повышения давления ступенью компрессора по формуле, расход воздуха, скорость потока.

Конструкция стенда, состоящая из вентилятора, дросселя, ЭВМ, эластичной проточной части, блока питания, регулятора оборотов, ардуино крепящиеся на 3-х металлических профилях. Частота вращения вентилятора регулируется через ардуино ЭВМ и определяется униполярным датчиком Холла, в котором при попадании в магнитное поле, созданное магнитом, закрепленным на лопасти вентилятора, возникает поперечная разность потенциалов, передаваемая обратно на ЭВМ. Дросселирование осуществляется за счет поворота дросселя электроприводом через ардуино связанного с ЭВМ. Электропривод позволяет повернуть дроссель на определенный угол, что дает возможность определить зависимость возникновения неустойчивой работы компрессора от площади проточной части и частоты вращения ступени компрессора. Вентилятор и дроссель связаны гибкой оболочкой, начало колебания которой свидетельствует о возникновении помпажа.

Список используемых источников:

1. Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Под ред. Ю.А. Ржавина.
2. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. В.И. Бакулев [и др.]; Под ред. В.А. Сосунова, В.М. Чепкина.
3. Испытания авиационных двигателей. Под ред. В.А. Григорьева, А.С. Гишварова.
4. Расчет высотно-скоростных и дроссельных характеристик ТРД и ТРДФ : Учеб. пособие / В.И. Бакулев, Б.А. Крылов, А.А.

## **Анализ влияния конструкции надроторных устройств на характеристику компрессора**

Соколова А.С.

Научный руководитель — Волков А.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Одним из простых способов повышения запасов газодинамической устойчивости (ГДУ) уже спроектированного компрессора является введение в конструкцию надроторных устройств (НРУ) [1]. Основное влияние на характеристику компрессора НРУ оказывают на нерасчетных режимах работы двигателя. На таких режимах НРУ не только увеличивают запасы устойчивости, но и могут компенсировать снижение КПД компрессора при возникновении срывных явлений. НРУ на расчетных режимах снижают эффективность компрессора [2], поэтому очень важно подобрать такую конструкцию НРУ, которая обеспечит наименьшие потери КПД на расчетных режимах.

Цель работы — определить конструкцию НРУ, обеспечивающего оптимальную работу компрессора по параметрам эффективности и запасам ГДУ.

Исследования выполнены на одноступенчатой модели, состоящей из входного направляющего аппарата (ВНА), первого рабочего колеса (РК) и направляющего аппарата (НА), шестиступенчатого осевого компрессора. Для анализа выбраны щелевые НРУ.

Расчет проводится на режиме  $n = 0,8n_{\text{ном}}$ .

Изменению подверглись следующие геометрические характеристики НРУ (согласно [3]):

высота ресивера (увеличение на 188% и 250% от базового значения);

количество щелей (уменьшение и увеличение на 16,7% от базового значения);

ширина щелей (уменьшение и увеличение на 33% от базового значения).

Расчетные исследования проводились в программном комплексе Numeca FINETurbo. Модели вычислительной сети ступени компрессора с НРУ и без него созданы в модуле Numeca AutoGrid. В качестве рабочего тела использовалась модель реального газа. Модель турбулентности —  $k-\epsilon$  (Extended wall function). В качестве граничных условий задавались следующие параметры:

частота вращения ротора;

интегральные значения полного давления и температуры, радиальное распределение угла потока в тангенциальном направлении на входе;

статическое давление или расход воздуха на выходе.

В результате выполненных исследований получено, что:

увеличение высоты ресивера на 188% и 250% приводит к изменению запасов ГДУ ступени на -0,04% и +0,3%, а КПД на +1,7% и +1,6% соответственно;

снижение количества щелей приводит к изменению запасов ГДУ на +0,1% и КПД на +1,34%, увеличение количества щелей приводит к изменению запасов устойчивости на -2,2% при отсутствии потерь КПД;

уменьшение ширины щелей не приводит к изменению запасов устойчивости, при этом КПД изменился на +1,2%, увеличение ширины щелей приводит к изменению запасов ГДУ на -2,1% и КПД на -0,2%.

Представленные выше значения изменений КПД и запасов ГДУ рассчитаны относительно параметров базовых НРУ.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

внедрение НРУ смещает напорную ветку характеристики в сторону меньших расходов; определены 4 рациональных геометрии НРУ (конструкции с увеличенной высотой ресивера на 188% и 250%, с уменьшенной шириной щели и уменьшенным количеством щелей);

поиск рациональной конструкции НРУ позволяет снизить потери КПД от внедрения НРУ в конструкцию компрессора.

Список использованных источников:

1. Климнюк, Ю.И. Оптимизация конструкции компрессоров авиационных ГТД с учетом воздействия эксплуатационных неоднородностей воздушного потока: Монография. Издательство Самарского научного центра Российской Академии наук, 2001. 249с.

2. Кампти Н. Аэродинамика компрессоров: Пер. с англ. М.: Мир, 2000. 688 с.

3. Старцев Н.И. Конструкция и проектирование основных узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок. Кн.1. Основы проектирования ГТД. Конструктивные схемы. Компрессоры. Турбины: учеб. / Н.И. Старцев. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. 400 с.

Список используемых источников:

1. Климнюк, Ю.И. Оптимизация конструкции компрессоров авиационных ГТД с учетом воздействия эксплуатационных неоднородностей воздушного потока: Монография. Издательство Самарского научного центра Российской Академии наук, 2001. 249с.

2. Кампти Н. Аэродинамика компрессоров: Пер. с англ. М.: Мир, 2000. 688 с.

3. Старцев Н.И. Конструкция и проектирование основных узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок. Кн.1. Основы проектирования ГТД. Конструктивные схемы. Компрессоры. Турбины: учеб. / Н.И. Старцев. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. 400 с.

## **Методика оценки характеристик силовой установки в системе летательного аппарата**

Сучков Р.В., Шмакова Д.И.

Научный руководитель — Горбунов А.А.

МАИ, Москва

В настоящем докладе представлена перспективная методика исследования совместимости современного летательного аппарата (ЛА) и перспективной силовой установки (СУ). Методика подразумевает использование, при проектировании двигателя и самолета, систем автоматизированного проектирования (САПР) и реализация системного проектирования.

Предпосылками развития данной методики послужило то, что ужесточаются требования ИКАО по шуму и по эмиссии; ведущие предприятия выделяют вектор развития комбинированных и гибридных СУ, и ВРД с «глубоким» регулированием [1,2]. Это накладывает некоторые трудности при предпроектном исследовании совместимости ЛА и СУ [3], например: обработка большого количества данных, решение проблем совместимости, анализа и т.д.

Одним из способов реализации перспективной методики является создание программного комплекса (ПК), состоящий из отдельно подключаемых модулей. На данном этапе реализовано моделирование полета самолета с воздушно-реактивным двигателем (ВРД). Математическая модель полета в размерной форме представляет из себя систему дифференциальных уравнений: два уравнения динамики в вертикальной плоскости, два кинематических уравнения и уравнение, учитывающее выгорание топлива [4]. Также в ПК реализован модуль обработки входных параметров, в которых содержится характеристики-информация СУ, аэродинамические характеристики ЛА, программа полета и т.п. Программа управления задается пользователем вручную или можно выбрать стандартную, подходящую для исследуемого самолета. Далее строится график траектории полета, где отмечаются параметры полета, для более детального анализа.

Описанные возможности реализованы на высокоуровневом языке программирования Python.

Следующим этапом будет написание кода программы управления многосоставной или гибридной СУ. Заключительной частью ПК является функция анализа и оптимизации, где происходит анализ совместимости СУ и ЛА, полета ЛА с данной СУ и оптимизация соответственно; предполагаемая при этом «подсказки» подбора необходимой СУ и типов двигателей к данному ЛА. Ключевым базисом построения функции является нейронная сеть.

К достоинствам данного ПК относится: минимизация времени на обработку входных данных, посредством исключения ручной обработки; повышение эффективности инженерного труда; внедрение перспективных технологий при анализе и оптимизации.

Список используемых источников:

1. <https://ciam.ru/press-center/news/forecast-for-indian-researchers-to-develop-technologies-for-the-creation-of-hybrid-and-electric-su/> дата обращения к источнику 25.01.2022
2. Агульник А.Б., Бакулев В.И., Голубев В.А., Кравченко И.В., Крылов Б.А. Термогазодинамические расчеты и расчет характеристик авиационных ГТД, 2002
3. Концептуальное проектирование силовых установок летательных аппаратов в многодисциплинарной постановке. А.В. Луковников. Вестник МАИ. Т.15. №3 2008 г.
4. С.В. Румянцев, В.А. Сгилевский «Системное проектирование авиационного двигателя» 1991г.

## **Влияния формы и расположения основных отверстий жаровой трубы на основные и экологические характеристики в модельной камере сгорания газотурбинного двигателя**

Тарасенко А.Н.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Силуянова М.В.

МАИ, Москва

Одной из основных задач при проектировании камер сгорания газотурбинных двигателей, от решения которой зависят не только основные и экологические характеристики, но и в целом её работоспособность, является грамотная и продуманная организация распределения воздуха внутри неё. При этом помимо фронтowego устройства и системы охлаждения, существенная роль в обеспечении стабильной работы и требуемых характеристик отводится основным отверстиям жаровой трубы [1]. Данный элемент пропускает поток воздуха из кольцевых каналов внутрь жаровой трубы и в зависимости от принципа организации малоэмиссионного горения используется либо только как способ охладить смесь продуктов сгорания перед попаданием в турбину случае бедного горения, либо, дополнительно к охлаждению, как способ разбавить богатую смесь для реализации её бедного догорания в случае богато-бедного горения [2]. Поскольку фронтное устройство и основные отверстия обеспечивают основное геометрическое регулирование потоков воздуха в камере сгорания, расположение и форма проходного сечения данных отверстий вносит значимый вклад в итоговые характеристики камеры сгорания.

Для проведения расчётной предварительной оценки влияния формы и расположения основных отверстий жаровой трубы на основные и экологические характеристики в качестве основного объекта был выбран сектор модельной малоразмерной кольцевой прямооточной одноярусной камеры сгорания, в которой варьировались расположение основных отверстий и их форма при неизменной площади проходного сечения. Данные для обработки и получения итоговых зависимостей были получены путем анализа результатов численного моделирования процесса горения жидкого топлива (керосина) в секторе подготовленной модельной камеры сгорания.

В результате исследования были получены зависимости потерь полного давления, среднемассовой температуры и радиальной неравномерности температуры на выходе из камеры сгорания и индексов эмиссии NOx и CO от расположения основных отверстий и их формы при среднем варианте расположения.

Список используемых источников:

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД // М.: Мир, 1986. 566 с.
2. Guellouh N., Szamosi Z., Simenfalvi Z. Combustors with Low Emission Levels for Aero Gas Turbine Engines // International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS). 2019. Vol. 4. No 1. P. 503-514.

## **Численное моделирование течения и теплообмена в сопле ракетного двигателя тягой 20 Н на экологически чистых компонентах топлива**

Тараторин А.В.

АО «НИИМаш», Нижняя Салда

Развитие современных цифровых технологий и программных средств (ANSYS CFX, ANSYS Fluent, Open FOAM, NX FLOW, FlowVision и др.) даёт возможность применять методы численного моделирования на ранних этапах разработки и проводить оценку параметров различных вариантов конструкций двигателя, тем самым сокращая объём сравнительных испытаний или вовсе их исключая [6].

Современные мировые тенденции диктуют строгие требования к ракетно-космическим системам, в числе которых: минимальные сроки создания, эффективность, надёжность, низкая цена и экологическая безопасность. К ракетным двигателям малой тяги (РДМТ), как элементу этих систем, предъявляются аналогичные требования.

Рабочий процесс в камере РДМТ на несамовоспламеняющихся КТ должен быть организован таким образом, чтобы обеспечить максимальную полноту сгорания топлива, надежное воспламенение, устойчивость протекания процессов в камере для безотказной работы двигателя, а также защиту стенок камеры от перегрева и прогаров [4]. Для обеспечения удовлетворительного теплового состояния в РДМТ, кроме всего прочего, применяют внутреннее (завесное) охлаждение, т.е. вблизи огневой стенки организуется низкотемпературный слой с избытком горючего либо окислителя. Кроме того, в качестве материала камеры используется сплав на основе ниобия H65B2MЦ с дальнейшим нанесением покрытия из дисилицидмолибдена ( $\text{MoSi}_2$ ), что позволяет во время огневой работы двигателя достигать максимального значения эксплуатационной температуры стенки камеры около 1350 °С.

В данной работе проводится исследование теплового состояния конструкции при течении в сопловом канале продуктов сгорания и наличии завесного охлаждения огневой стенки газообразным кислородом.

Объектом исследования является ракетный двигатель разработки АО «НИИМаш» тягой 20 Н на компонентах топлива газообразный кислород и керосин [1].

При разработке математической модели приняты следующие допущения:

1. Задача решается в стационарной постановке.
2. Все процессы фазовых переходов завершены, на вход в сопло поступают газообразные продукты сгорания.
3. Продукты сгорания являются идеальными газами.
4. Химические реакции не протекают.
5. Сила тяжести не учитывается.
6. Течение моделируется с использованием гипотезы Буссинеска о линейной зависимости реингольдсовых напряжений от тензора деформации.
7. Конвективный теплообмен между твёрдой стенкой сопла и окружающей средой отсутствует.

Для численного решения задачи в трёхмерной постановке создана расчётная сетка области течения продуктов сгорания (1/6 часть расчётной области) с блочной структурой из гексаэдрических элементов и призматических пристеночных слоёв. Количество ячеек составляет около 400000. Расчётная сетка твёрдой стенки является неструктурированной и включает в себя около 180000 элементов.

В качестве граничных условий задавался расход продуктов в ядро 1,03 (6,18) г/с при температуре 2400 К и расход газообразного кислорода в завесу 0,2 (1,2) г/с при температуре

298 К. На выходной границе установлено значение давление  $p=400$  Па с граничным условием outlet, которое не учитывает наличие обратных течений. Решение 3-х мерной задачи на 1/6 части расчётной области обеспечивается заданием граничных условий симметрии, т.е. на этих границах градиенты всех переменных равны нулю.

Продукты сгорания представляют собой гомогенную смесь веществ, а её составе определён по результатам терморасчёта. Теплоёмкость веществ определяется по полиномам, константы которых содержатся в базе данных ANSYS CFX.

Численное решение математической модели реализовано в программном комплексе ANSYS CFX в расчётном центре АО «НПО Энергомаш». Контроль сходимости решения осуществлялся согласно закону сохранения массы. Т.е. решения можно считать сошедшимися при равенстве расходов на входе и выходе из расчётной области. Сходимость решения достигается за 145 итераций.

Огневые испытания ракетного двигателя тягой уровня 20 Н проводились на рабочем месте №3 стенда №1 научно-испытательного комплекса 101 НИИМаш. Для имитаций эксплуатационных условий использовалась газожетворная установка, которая обеспечивает начальную разряжение давления на срезе сопла порядка 18 мм рт. ст., а на установившемся режиме работы РДМТ давление окружающей среды, за счёт работы газодинамической трубы, поддерживается около 4 мм рт. ст.

Подводя итог работы, можно сказать о том, что расчётное распределение температур по поверхности конструкции сопла качественно соотносится с результатами натурального эксперимента, полученных при помощи тепловизора. Соответственно разработанную математическую модель можно применять для предварительной оценки теплового состояния конструкции сопла на начальных этапах разработки РДМТ.

Список используемых источников:

1. Салич В.Л. Разработка кислородно-керосинового двигателя тягой 25 Н. Инженерный журнал: наука и инновации, 2021, вып. 1. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2021-1-2050>.
2. ANSYS CFX-Solver, Release 10.0: Theory. ANSYS Europe Ltd, 2005, 266 p.
3. Егорычев В.С. Моделирование внутрикамерного рабочего процесса РДМТ на газообразных кислороде и водороде в ANSYS CFX: учеб. пособие / В.С. Егорычев, Л.С. Шаблий, В.М. Зубанов. — Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. — 136 с.: ил.
4. Салич В.Л. Проектирование камеры кислородно-водородного ракетного двигателя тягой 100Н на основе численного моделирования внутрикамерных процессов. Вестник УГАТУ — 2014. Т. 18, № 4 (65). С. 20–26

## **Применение нейронных сетей в испытаниях авиационных газотурбинных двигателей**

Тихомирова М.А., Петрова Э.Р.

Научный руководитель — Горбунов А.А.

МАИ, Москва

С постоянным развитием авиационной техники, в частности с усложнением конфигурации двигателей, резко возросла сложность проводимых исследований определенных процессов двигателя. Учитывая, что результаты исследования путём численного моделирования испытаний авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) имеют низкую точность по сравнению с их проведением на экспериментальных установках, а последние, в свою очередь, являются ресурсозатратными, то одной из приоритетных задач авиастроения является замещение искусственным интеллектом (ИИ) некоторых областей опытно-конструкторской работы (ОКР), в частности испытаний ГТД. Вариантом внедрения ИИ является качественная и быстрая обработка больших объемов данных и их анализ, значительно сокращающий временные затраты и исключаяющий человеческий фактор.

Кроме того, с помощью нейронных сетей (НС) появилась возможность прогнозировать некоторые сложные процессы авиационных двигателей, что позволяет повысить эффективность успешного прохождения и снизить материальные затраты на их проведение.

В работе предлагается разработанный программный комплекс (ПК) на высокоуровневом языке программирования Python, в котором НС, обученная на примере проведенных испытаний ГТД, способна прогнозировать момент времени воспламенения топлива в камере сгорания (КС). ПК основан на наборе библиотек PyTorch, Pandas, Sk-learn, которые облегчают понимание кода и работу с ним. С точки зрения программирования ПК разделен на несколько модулей.

Первый модуль — модуль обработки. В нем происходит извлечение данных из файлов формата Excel (с известными параметрами и результатами серии испытаний). На примере загруженных текстовых файлов происходит обучение НС, которая в дальнейшем сможет сортировать данные на входе и устранять лишний «шум».

Второй модуль — модуль анализа. На этом этапе подключается вторая НС, которая обучается на основе обработанных данных из первого модуля. Благодаря этой НС осуществляется прогнозирование момента воспламенения на основе закономерностей, найденных при обучении.

Третий модуль — модуль работы с пользователем. Создан интерфейс, куда вводятся начальные параметры или подгружается готовый файл. Далее данные проходят через обученные НС, а на выходе будет получен файл Excel с предсказанными результатами и порядком испытаний, который также впоследствии будет использоваться для обучения НС.

Разработанный ПК имеет хорошие перспективы для использования в лабораторных условиях, поскольку значительно сокращает трудозатраты при испытаниях ГТД.

## **Теплонапряженное состояние соплового блока ГТД в условиях экстремальных режимов**

Тришина М.С.

МАИ; АО «ОДК», Москва

В данной работе рассмотрен сопловой блок двигателя АИ-222-25. Особое внимание уделено разделителю потоков в сопловом аппарате или другое его название «смеситель» потоков, который находится в зоне смешения потоков в сопловом аппарате.

В задачи исследовательской работы входят:

- Изучение температурных полей разделителя и внешней стенки соплового аппарата;
- Влияние геометрии разделителя на смешение потоков в сопловом аппарате;
- Создание однородного температурного поля на выходе из зоны смешения;
- Нахождение зависимости тяги двигателя от длины разделителя соплового аппарата.

В двухконтурных газотурбинных двигателях, таких как прототип, используемый в данной работе — АИ-222-25, имеется зона смешения потоков, поток внутреннего контура смешивается с потоком внешнего контура. Поскольку зона смешения обеспечивает поступление воздуха из наружного контура непосредственно в центральную часть внутреннего контура, в данной работе рассматривался именно этот процесс, так же в работе был рассмотрен процесс истечения потока из соплового аппарата и его температурное поле.

При работе двигателя процесс смешения потоков важен тем, что при достаточно полном перемешивании потоков, вытекающих из внутреннего и внешнего контуров, можно получить некоторое увеличение удельной тяги и соответственно улучшение экономичности двигателя по сравнению с двигателем без смешения потоков.

Учитывая эти факторы, влияющие на тягу двигателя, в данной работе рассмотрено изменение температурных полей разделителя и внешней стенки соплового аппарата двигателя прототипа АИ-222-25, изучено влияние геометрии разделителя на смешение потоков в сопловом аппарате и нахождение зависимости тяги двигателя от длины разделителя соплового аппарата.

Проведен анализ зависимости изменения температурного поля истекающего потока из соплового аппарата от длины разделителя и построена зависимость вышеперечисленного от тяги двигателя.

Так же в работе рассмотрено влияние длины разделителя на однородность температурного поля на выходе из зоны смешения, так как на величину тяги двигателя это так же влияет, как и однородность температурного поля на выходе из соплового аппарата.

## Исследование влияния борозд над рабочим колесом на характеристику компрессора

Тюрина Д.С., Кудряшов И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горячкин Е.С.

Самарский университет, Самара

Газотурбинный двигатель (ГТД) является одним из важнейших и самых сложных технических устройств. ГТД при проектировании, изготовлении и доводке объединяется в себе самые современные достижения в таких областях как: материаловедение, прочность, надежность, электроника и многих других. Один из критериев работы компрессора является запас газодинамической устойчивости (ГДУ).

Обеспечению запасов уделяется большое внимание при проектировании и доводке двигателя, так как с помощью ГДУ обеспечивается стабильная работа компрессора. Величина  $\Delta K_u$  зависит от многих факторов, которыми определяется положение рабочей точки на характеристике компрессора

Надроторное устройство используется для уменьшения или избавления от возмущений потока на входе в компрессор, и как следствие увеличения запаса ГДУ. НРУ бывают разных типов: шелевого, лабиринтного и рециркуляционные.

Согласно исследованиям [2,3] по запасам ГДУ наибольший прирост дает трапециевидное (7%) и прямоугольные (7,3%) НРУ лабиринтного типа. По источникам [3,4] треугольные и клиновидные или не дают прироста в ГДУ или дают, но меньший. В данной работе используется НРУ лабиринтного типа, так как оказывает наилучшее положительное влияние на характеристику компрессора, улучшает обтекание лопатки и просты в изготовлении.

В данной работе исследуется влияние надроторного устройства лабиринтного типа разных конфигураций на характеристики компрессора. В исследовании были выбраны лабиринтные НРУ двух типов: трапециевидные и прямоугольные и их вариации. В ходе НРУ лабиринтного типа варьировались шаг(t), высота(H) и количество борозд(N) для того, чтобы проследить влияние на ступень компрессора.

Исходным вариантом был гладкая проточная часть осевого шестиступенчатого компрессора.

Базовым вариантом геометрии трапециевидных борозд принят вариант с параметрами  $t=1$  мм,  $H=3$  мм и  $N=4$  шт.

В ходе выполнения исследования трапециевидной конфигурации борозд параметры варьировались следующим образом: изменение шага 9, 11 и 13 мм; изменение высоты 2, 3 и 4 мм; изменение количества гребешков 3, 4.

Базовым вариантом геометрии прямоугольных борозд принят вариант с параметрами  $t=4$  мм,  $H=4$  мм,  $N=8$  шт,  $\alpha=90^\circ$  и  $b=4$  мм.

В ходе выполнения исследования прямоугольной конфигурации борозд параметры варьировались следующим образом: изменение шага 2, 4 и 8 мм; изменение высоты 4, 8 и 12 мм; изменение количества гребешков 4, 8 и 12; изменение угла наклона борозд 70, 90 и 110.

Геометрия борозд была выполнена в программе КОМПАС V18. Исследования были выполнены в программном комплексе Numeca FINETurbo. Конечно-объемная модель создана в модуле Numeca AutoGrid. В качестве рабочего тела была принята модель сухого воздуха[5]. В данной работе при настройке модели используется стационарный расчет на основе уравнение турбулентности Навье-Стокса и турбулентность —  $k-\varepsilon$  (Extended Wall Function). Граничными условиями на входе в компрессор задавались — радиальные распределения полного давления и полной температуры. На выходе задавалось статическое давление.

После выполнения серии расчетов, в ходе которых выполнялось исследование влияния трапециевидных борозд получены следующие результаты, которые сравнивались с вариантом с гладким трактом:

- Наибольший запас ГДУ в трапециевидных бороздах дает вариант с уменьшением количества борозд до 3. В этом случае КПД компрессора будет составлять 0,86, что будет меньше базового примерно на 0,4%.

- Наибольшие потери в запасах ГДУ в трапециевидных бороздах показывается вариант с уменьшением высоты борозды до 2мм, но в данном варианте наименьшие потери по КПД на 0,37%.

- Наибольшие потери в КПД в трапециевидных бороздах — вариант с увеличением высоты борозды до 4мм. КПД падает на 0,513%.

На следующем этапе выполнены исследования по определению оптимальной конфигурации прямоугольных борозд над рабочим колесом.

- Снижение количества борозд не приводит к значительному увеличению запасов устойчивости ступени, но при этом наблюдается значительное снижение эффективности ступени;

- При увеличении высоты борозды наблюдается снижение максимальной степени повышения давления, кпд ступени и как следствие запасов газодинамической устойчивости относительно базового варианта конфигурации;

- При снижении ширины борозды от 12 мм до 4 мм наблюдается рост максимального значения степени повышения давления и, следовательно, повышения запасов устойчивости;

- Изменение шага между бороздами от 2 мм до 8 мм приводит к увеличению КПД ступени при сохранении уровня максимального значения степени повышения давления и как следствие сохранения запасов устойчивости ступени.

Список используемых источников:

1. Холщевников К.В., Теория и расчёт авиационных лопаточных машин [Текст] / К. В. Холщевников. — М: — Машиностроение, 1970. — 610 с.

2. Милешин В.И., Петровичев А. М., Жданов В.В. Расчетно-экспериментальное исследование влияния надроторных устройств лабиринтного типа на характеристики высоконагруженной первой ступени компрессора // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2019. № 58

3. Милешин В.И., Петровичев А. М., Жданов В.В. Расчетно-экспериментальное исследование влияния надроторных устройств лабиринтного типа на характеристики на замыкающей ступени // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2019. № 57

4. Chunill Nah Control of flow blockage generation thought casing treatments in a transonic axial compressor stage // Proceedings of ASME Turbo Expo 2020 Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2020 September 21-25, 2020, Virtual, Online

## **Применение программного комплекса Cantera для термодинамического расчета характеристик ЖРД**

Филатов Д.С.

Научный руководитель — Захаров В.С.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

На сегодняшний день в прикладных задачах, где требуется разрешение проблем равновесной термодинамики, в отечественной практике широко применяется программный пакет TERRA [1]. Достоинство такой программы, — удобный пользовательский интерфейс, — является одновременно и её недостатком: пользователь ограничен инструментами, которые предоставляет разработчик и не имеет возможности добавлять необходимый для решения конкретных задач функционал. Например, в инженерной практике зачастую возникает потребность в проведении термодинамического расчета для большого количества расчетных точек. Проведение самих расчетов с помощью указанной программы, а также последующая обработка полученных результатов может таким образом занять продолжительное время.

В данной работе рассматривается существующая на сегодняшний день программная библиотека Cantera [2]. Cantera — это набор инструментов с открытым исходным кодом для

решения задач, связанных с химической кинетикой, термодинамикой и процессами переноса. Достоинством такой программы является возможность её свободного распространения, а также возможность использования реализованных разработчиками инструментов, в частности, решателей химического равновесия, в прикладных задачах. Кроме этого, как уже упоминалось ранее, Cantera в отличие от TERRA поддерживает возможность расчета неравновесной термодинамики (химической кинетики).

На основе данной библиотеки был выполнен расчет термодинамических характеристик рабочего процесса ЖРД, результаты которого сравнивались с данными, полученными в программе TERRA. В качестве топлива и окислителя в расчете использовался водород и кислород, соответственно в соотношении 1 к 6.019 (по аналогии с ЖРД RS-25). В обоих расчетах применялась одна и та же база данных термодинамических свойств индивидуальных веществ, экспортированная из программы TERRA. Выявленная разница термодинамических параметров, таких как: температура внутри камеры сгорания, химический состав и удельный импульс на срезе сопла, для обоих расчетов оказалась несущественной.

Список используемых источников:

1. Б.Г.Трусов. Программная система TERRA для моделирования фазовых и химических равновесий. / Труды XIV Межд.конф.по хим.термодинамике, СПб, 2002.
2. David G. Goodwin, Harry K. Moffat, Ingmar Schoegl, Raymond L. Speth, and Bryan W. Weber. Cantera: An object-oriented software toolkit for chemical kinetics, thermodynamics, and transport processes. <https://www.cantera.org>, 2022. Version 2\_6\_0 doi:10\_5281/zenodo\_6387882 3-Clause BSD license: <https://github.com/Cantera/cantera/blob/main/License.txt>

## **Численное моделирование рабочего процесса в привтулочных полостях двухступенчатой турбины для определения степени втекания газа**

Харитонов А.А., Мельников С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

Одним из ключевых узлов газотурбинного двигателя (ГТД) является турбина. Турбины современных ГТД имеют охлаждаемые лопатки, а также выполняется продувка охлаждающим воздухом междисковых полостей. Отбор воздуха на охлаждение турбины может составлять 10...15%. Эффективность ГТД зависит от количества отбираемого воздуха. Расход этого воздуха должен быть сведён к минимальному потребному значению, обеспечивающее работоспособное состояние турбины и ГТД в целом.

При проектировании турбины особое внимание уделяют её температурному состоянию, как лопаток, так и дисков и уплотнений. Втекание горячего газа основного потока в привтулочные полости турбины может привести к перегреву дисков, дефлекторов элементов лопаток. Неправильное определение температурного состояния этих узлов при проектном расчёте, даже при отсутствии перегрева элементов турбины, может привести, например, к изменению радиальных зазоров над рабочими лопатками, лабиринтных уплотнений. Для учёта этих явлений необходимо корректно определять степень втекания горячего газа и использовать результаты степени втекания газа в термомеханической модели.

В работе [1] показано, что учёт степени втекания газа в термомеханическом расчёте позволил спрогнозировать превышение максимальной допустимой температуры в дефлекторе и диске турбины среднего давления (ТСД) на 277 °С. В работе не были представлены непосредственно результаты расчёта степени втекания.

Анализ работ других исследователей [2, 3] показал, что ранее исследования проводились только для одной междисковой полости, при этом эти полости достоверно имели продувку охлаждающего воздуха.

В данной работе был выполнен расчёт степени втеканий газа в привтулочных полостях двухступенчатой турбины газогенератора ГТД. Исследуемая турбина имеет три привтулочные полости:

- 1) перед сопловым аппаратом первой ступени CA1;
- 2) за первым рабочим колесом PK1. Эта полость по сути является привтулочной полостью под CA2 с лабиринтным уплотнением;
- 3) за вторым рабочим колесом PK2.

Для расчёта степени втекания газа была создана расчётная область, которая одновременно учитывала межлопаточные каналы CA1, PK1, CA2, PK2 вместе с тремя полостями. Количество лопаток и угол сектора привтулочных областей были выбраны исходя из необходимости обеспечения соотношения площадей контактирующих поверхностей в интерфейсах примерно равным 1 согласно рекомендациями Ansys Help.

Структурированные гексагональные сеточные модели доменов лопаточных венцов были созданы в программе Numeca AutoGrid5. Структурированные гексагональные сеточные модели привтулочных полостей были созданы в ANSYS ICEM CFD. Во всех сеточных моделях выполнение сгущение вблизи поверхностей стенок для корректного моделирования пограничного слоя. Максимальный коэффициент роста между слоями — 1,25. Количество слоев пограничного слоя не менее 30. Толщина первого пристеночного слоя была подобрана таким образом, чтобы обеспечить необходимое значение безразмерного параметра  $y^+ \leq 1$ . Максимальный размер элемента в межлопаточных доменах не более 1,0 мм, в привтулочных полостях — не более 0,5 мм. Объём сеточной модели составил 63,7 млн. эл.

Расчёт степени втекания горячего газа был выполнен в стационарной и нестационарной постановках для оценки влияния нестационарности процесса на параметры рабочего процесса в полостях.

Для стационарного расчёта в качестве граничных условий были заданы: на входе CA1 — распределения по высоте полной температуры и полного давления, направление потока нормально к входной границе; на выходе PK2 — распределение статического давления; для полостей — значения расходов и температур охлаждающего воздуха. Рабочее тело задано смесью газа и воздуха, параметры которых задавались в виде полиномов.

Результат расчёта в стационарной постановке использовался в качестве начального решения для нестационарного расчёта. Для нестационарного расчёта был задан временной шаг, значение задано было исходя из обеспечения числа Куранта менее 10: один временной шаг соответствует обороту турбины примерно на  $0,21^\circ$ . Для выхода на установившийся режим параметров в привтулочных полостях потребовалось не менее 9 полных оборотов.

Была определена степень втекания газа (эффективность концентрации газа) на поверхностях полостей для стационарного и нестационарного расчётов. Анализ результатов показал, что относительная погрешность эффективности концентрации газа между стационарной и нестационарной постановками достигала: для полости №1 — 40,1%, для полости №2 — 65,9%, для полости №1 — 58,2%. Также выявлено наличие колебаний степени втекания газа на установившемся режиме в зависимости от взаимного положения лопаток.

Таким образом, для определения степени втекания газа и определения температуры смеси необходимо использовать результаты нестационарного расчёта. Выявленные значения колебаний параметров позволяют выполнить оценку предельного случая нагрева узлов ГТД.

Список используемых источников:

1. Беденко, К. А. Настройка системы наддува привтулочных уплотнений турбины / К. А. Беденко, А. Ю. Тисарев // Всероссийский научно-технический форум по двигателям и энергетическим установкам имени Н.Д. Кузнецова: Материалы докладов. — Самара: СНИУ, 2022. — С. 23-24.
2. Тисарев, А. Ю. Исследование процесса втекания горячего газа во внутренние полости газотурбинных двигателей / А. Ю. Тисарев, Н. М. Василевич // Известия СЦ РАН. — 2013. — Т. 15, № 6-4. — С. 987-992.
3. Арбузов, К. А. Численное моделирование течения и теплообмена в междисковой полости газовой турбины / К. А. Арбузов, Е. Э. Китанина // Неделя науки СПбПУ: Ч.1. — Санкт-Петербург: СПбПУ, 2018. — С. 137-138.

## Разработка суррогата авиационного керосина с учетом физикохимических свойств его фракций

Цапенков К.Д., Чигищев В.Д., Попов Д.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

Одной из основных составляющих цифровой модели рабочего процесса камер сгорания ГТД является модель топлива, которая состоит из подмоделей, определяющих его свойства и подмоделей, описывающих физикохимические процессы, такие как распыл топлива, нагрев и испарение капель, горение испаренной смеси. При этом известно, что углеводородные топлива состоят из нескольких десятков компонентов из различных групп (алканы, циклоалканы, арены и другие) с различным содержанием атомов углерода (от C8 до C18), что определяет существенные различия в их свойствах [1]. Важность использования суррогатов для оценки керосина и реактивного топлива широко обсуждалась в различных работах [2,3]. Капля топлива по мере движения в камере сгорания испаряется неравномерно, интенсивность испарения компонентов отличается, из-за чего содержание паров тяжелых компонентов постепенно увеличивается, а легких падает. Неравномерность распределения различных фракций в объеме зоны горения влияет на характеристики камеры сгорания. Так, в работе [4] показано, что свойства первых 20% испарившейся смеси оказывают влияние на срыв пламени. Таким образом, при формировании модели топлива актуальной является задача определения свойств отдельных фракций и формирование модели топлива с учетом этих свойств.

Целью данной работы является разработка суррогата авиационного керосина, свойства фракций которого соответствуют свойствам фракций исходного топлива.

В рамках работы были выполнены следующие задачи:

- Разделение керосина на объемные фракции;
- Исследование свойств фракций авиационного керосина (плотность, кинематическая вязкость, температура вспышки в закрытом тигле, высота некопящего пламени, содержание ароматических углеводородов, соотношение Н/С, молярная масса);
- Формирование суррогата керосина марки ТС-1 с учетом свойств отдельных фракций.

В ходе работы была разработана методика формирования суррогатов с учетом свойств отдельных фракций. Выбор компонентов осуществлялся таким образом, чтобы обеспечить соответствие кривых дистилляции суррогата и исходного топлива. После изменения долей компонентов смеси рассчитывалась её кривая дистилляции, состав и свойства фракций. В полуавтоматическом режиме процесс повторялся до достижения минимальных расхождений.

Суррогат, полученный в данной работе, хорошо соответствует свойствам горения авиационного керосина марки ТС-1 и может быть использован для моделирования как испарения, так и горения.

Будущие разработки по этой теме включают в себя исследование дополнительных свойств (например, DCN) фракций керосина, учет функциональных групп и химической кинетики при формировании суррогата.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 21-19-00876, <https://rscf.ru/en/project/21-19-00876/>.

Список используемых источников:

1. Vozka, P., Vrtiška, D., Šimáček, P. & Kilaz, G. 2019, «Impact of Alternative Fuel Blending Components on Fuel Composition and Properties in Blends with Jet A», *Energy and Fuels*, vol. 33, no. 4, pp. 3275-3289.
2. Alekseev VA, Soloviova-Sokolova JS, Matveev SS, Chechet IV, Matveev SG, Konnov AA. Laminar burning velocities of n-decane and binary kerosene surrogate mixture. *Fuel* 2017;187:429-34.
3. Kim D, Violi A. Hydrocarbons for the next generation of jet fuel surrogates. *Fuel* 2018;228:438-44.
4. Won, S.H., Rock, N., Lim, S.J., Nates, S., Carpenter, D., Emerson, B., Lieuwen, T., Edwards, T. & Dryer, F.L. 2019, «Preferential vaporization impacts on lean blow-out of liquid fueled combustors», *Combustion and Flame*, vol. 205, pp. 295-304.

## Моделирование истечения газа из клиновоздушного сопла в вакуум

Чижев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Филинов Е.П.

Самарский университет, Самара

Сопла Лавалья ракетных двигателей эффективно работают только на расчётном режиме, подстроеном по высоте при проектировании для оптимальной траектории. Это означает, что на протяжении большей части полёта двигатель затрачивает большее количество топлива. Для решения проблемы давно предлагалось использовать клиновоздушное сопло. Клиновоздушное сопло (Aerospike) считается более эффективным по сравнению с соплом Лавалья за счет оптимальной авторегулировки давления реактивной струи к изменению высоты. Возможность компенсации высоты делает такие сопла более эффективными, чем обычные, в широком диапазоне изменения давления окружающей среды [1]. В связи с увеличившимся количеством проектов многоразовых ракетопосителей (РН), в том числе с возвращающимися верхними ступенями, клиновоздушные двигатели которых работают как в вакууме, так и в плотных слоях атмосферы [2], ставится вопрос о проведении моделирования истечения. Условия вакуума наиболее интересны, т.к. проекты клиновоздушных ракетных двигателей были предназначены в большинстве для первых ступеней РН

Параметры тяги КВРД сильно зависят от внешнего давления. Но в условиях недорасширения перепад давлений превышает расчетный перепад давлений, поэтому требуется дополнительное расширение на основной кромке сопла, чтобы привести выходное давление в соответствие с атмосферным. При этом для интересующего нас случая работы двигателя в условиях вакуума давление близко к нулевому, и угол поворота шлейфа будет приблизительно определяться теорией волн разрежения Прандтля-Майера.

В работе рассматривается численное моделирование истечение газа через клиновоздушное сопло для разных степеней вакуума, соответствующего рабочим высотам 2 ступеней РН. Для верифицирования результатов предлагается проведение натурных испытаний сопел разной геометрии на сжатом воздухе на стенде вакуумных испытаний РД.

Потенциальными областями применения расчётной методики моделирования могут быть: возвращаемые ступени РН, детонационные двигатели с вращающейся волной (для которых эффективность сопла Aerospike оказалась выше сопла Лавалья).

Список используемых источников:

1. Ruf, J. H. and McConaughy, P.K., «The Plume Physics Behind Aerospike Nozzle Altitude Compensation and Slipstream Effect,» AIAA-97-3218, 1997, 37rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. DOI: 10.2514/6.1997-3218

2. Reusable rocket [Электронный ресурс] // Stokespace: URL: <https://www.stokespace.com/rocket/> (дата обращения: 22.03.2023).

## Исследование влияния угла раскрытия диффузора и формы обтекателя жаровой трубы на потери полного давления в модельной камере сгорания газотурбинного двигателя

Шлыков Д.А., Панов Е.Н., Янук А.В.

Научный руководитель — Тарасенко А.Н.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Диффузоры камер сгорания ГТД должны обеспечивать дозированное распределение подачи воздуха по каналам при минимальных потерях и нечувствительность течения воздуха к изменению профилей скорости и положения жаровой трубы из-за возможных отклонений при работе двигателя на основных характеристиках камеры сгорания. Также при доводке камеры сгорания целесообразно варьировать форму обтекателя фронтального устройства жаровой трубы, так как он снижает лобовой удар и позволяет более равномерно распределить воздух в наружный и внутренний кольцевые каналы.

В данной работе рассматривается влияние угла раскрытия диффузора на потери полного давления в кольцевой однорядной прямоточной модельной камеры сгорания. Изменение угла раскрытия диффузора  $\alpha$  и формы обтекателя позволяют минимизировать потери полного давления потока воздуха в камере сгорания. Основной объект исследования — диффузор камеры сгорания с большим углом раскрытия.

Исследование проводилось с использованием численных методов. Процесс моделирования заключается в решении итерационным методом системы уравнений Навье-Стокса, осредненной по Рейнольдсу, для сжимаемого газа. Результатом работы являются зависимости перепада давления сгорания газотурбинного двигателя от угла раскрытия диффузора при разных формах обтекателя. Угол раскрытия менялся от  $30^\circ$  до  $60^\circ$  с шагом  $7,5^\circ$ .

Из полученных зависимостей видно, что потери давления при сферической форме обтекателя фронтального устройства жаровой трубы растут при повышении угла раскрытия диффузора. Максимальный перепад при данной форме достигается при угле раскрытия равным  $60^\circ$ . После изменения формы обтекателя на конусное перепад увеличивается до  $45^\circ$ , далее резко снижается.

Список используемых источников:

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. / Под ред. д.т.н. В.Е. Дорошенко, М.: Мир, 1986. — 566 с.
2. Chetan T.B.V., Chakrabarti S. Effect of Side Wall Expansion Angle on the Performance of a Dump Diffuser Model for a Combustor. / Journal of Applied Fluid Mechanics. Vol. 12. No. 6. 2019. — pp. 1989-2002.

### **Влияния настроек численных моделей на определение характеристик сопловых аппаратов осевых малоразмерных турбин**

Щербань А.И., Харитонова А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

При проектировании и оптимизации турбин к их численным моделям рабочего процесса предъявляются два основных требования: высокая точностью расчета рабочих процессов, простирающиеся в турбине, и минимальное время на получение решения.

В работе [1] описан способ выбора параметров численных моделей рабочего процесса осевых неохлаждаемых турбин с аэродинамически длинными лопатками. Особенностью данных лопаток является не смыкание вторичных вихрей. В тоже время, современное развитие ТРДД по параметрам рабочего процесса приводит к уменьшению длины лопаток турбины высокого давления. В таких лопатках вторичные потери смыкаются и становится невозможным выделение ядра потока и вторичных потерь (аэродинамически короткие лопатки). Рекомендации по выбору параметров численных моделей рабочего процесса таких лопаток отсутствуют.

В связи с этим сформулирована цель работы: разработка рекомендаций по настройке численных моделей рабочего процесса сопловых аппаратов (СА) осевых малоразмерных турбин (ОМТ) с аэродинамически короткими лопатками, предназначенных для выполнения оптимизационных и поверочных расчетов.

Объектом исследования является моделирование рабочего процесса СА ОМТ. В качестве предмета исследования выбран СА ОМТ с высотой лопатки 1,25 мм, для которого была известна экспериментально определённая характеристика в виде зависимости коэффициента скорости от изоэнтропического числа Маха в сечении на выходе из СА.

Расчетная модель была создана в ПК Numesa AutoGrid5, её геометрические параметры соответствовали конфигурации стенда. При создании расчетной сетки контролировались и задавались значения следующих параметров: количество элементов в двухмерной сетке межлопаточного канала, размер элемента, ближайшего к стенке, коэффициент роста ячеек по высоте проточной части, максимальное удлинение ячеек по высоте. Граничные условия,

используемые при моделировании, соответствовали условиям проведения эксперимента. Методика определения результатов моделирования была такой же, как и в эксперименте.

По результатам моделирования была построена характеристика СА ОМТ: зависимость коэффициента скорости от изоэнтропического числа Маха в сечении на выходе из СА.

Расчет характеристики был выполнен с использованием 5 моделей турбулентности. Все полученные расчетные характеристики оказались адекватным экспериментальным данным.

На следующем этапе работ с использованием разработанной численной модели были выполнены исследования по влиянию указанных выше параметров сетки на точность (погрешность) определения характеристик, а также на скорость расчета.

На основании выполненных исследований были сформулированы рекомендации по созданию оптимизационных и поверочных моделей СА ОМТ.

Список используемых источников:

1. Marchukov E., Egorov I., Popov G., Salnikov A., Goriachkin E., Kolmakova D. Multidisciplinary optimization of the working process of uncooled axial turbine according to efficiency and strength criteria // Proceedings of ASME Turbo Expo 2017. 2017. GT2017 64843.

### **Исследование внутрикамерного рабочего процесса в кислородно-водородном жидкостном ракетном двигателе с кольцевой камерой сгорания и тарельчатым соплом**

Эзутбая Г.Д., Маслов Д.В., Горшков А.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Одной из проблем использования жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) является обеспечение работы двигателя на расчётном режиме, то есть на режиме, когда давление на выходе из сопла равно давлению окружающей среды. Для обеспечения работы ЖРД на расчётном режиме необходимо создать сопло, способное обеспечивать расчетный режим работы при любом давлении окружающей среды. Одним из решений этой проблемы является создание ЖРД с раздвижными насадками, которые будут выдвигаться по мере подъёма космического летательного аппарата (КЛА), тем самым, меняя степень расширения сопла. Однако создание ЖРД с таким соплом является сложной задачей. Поэтому другим способом, который будет рассмотрен в работе, является создание ЖРД с кольцевым соплом.

Данный тип сопла делится на тарельчатые и штыревые. Тарельчатые сопла имеют контур расширяющейся части с почти или полностью отсутствующей внутренней образующей. Профиль штыревого сопла представляет собой клин, у контура расширяющейся части которого почти или полностью отсутствует внешняя оболочка.

В данной работе проведены построение профиля ЖРД с кольцевой камерой сгорания и тарельчатым соплом и моделирование внутрикамерного рабочего процесса в ЖРД с помощью программного пакета ANSYS CFX, которое позволит исследовать течение продуктов сгорания в ЖРД. Использована модель турбулентности Shear Stress Transport (SST), представляющая собой совмещение моделей турбулентности k-epsilon и k-omega, а в качестве компонентов будут заданы кислород O<sub>2</sub> и водород H<sub>2</sub>. Модель горения Eddy Dissipation, при моделировании задана брутто реакция. В результате специально организованном смесеобразовании, при котором внутренние и внешние форсунки — водородные образовалась низкотемпературная завеса около стенок камеры.

Список используемых источников:

1. Добровольский, М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / М.В. Добровольский; под ред. Д.А. Ягодникова — 3-е изд., доп. — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. -461, [3] с. : ил.

2. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. В 2 кн. Кн. 1. Учеб. для авиац. спец. вузов/А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, В.А. Кузнецов и др.; Под ред. В.М. Кудрявцева. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1993 — 383 с.: ил.

3. Прикладная газодинамика / Б.И. Каторгин, А.С. Киселёв, Л.Е. Стернин, В.К. Чванов. — М.: Вузовская книга, 2019. — 340 с.
4. Численное моделирование течения идеального газа в камере сгорания двигателя / П.С. Лёвочкин, И.Н. Боровик, Ю.С. Юдина. — Издательство МАИ, 2018. — 104 с.

### **Исследование влияния смешения на характеристики КС с помощью CFD моделирования**

Якушкин Д.В., Цибуцинина А.Д., Ястребов В.В.  
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубрилин И.А.  
Самарский университет, Самара

Высокая конкуренция и ужесточение законодательных норм по эмиссии вредных веществ газотурбинными двигателями и энергетическими установками требуют непрерывного совершенствования методик проектирования и доводки их узлов. В соответствии с международными и отечественными стандартами одними из основных нормируемых компонентов в выхлопных газах газотурбинных двигателей и энергетических установок являются оксиды азота (NOx). Одним из методов снижения выбросов вредных веществ является воздействие на процессы смешения в горелочном устройстве. Изменение характеристик смешения оказывает существенное влияние только на локальные характеристики пламени и неравномерность температурного поля на выходе из камеры сгорания (КС), что позволяет снизить эмиссионные характеристики без изменения режимных параметров. В то же время замена горелочного устройства может быть единственной возможной модификацией. Все вышесказанное делает актуальной задачу определения влияния характеристик смешения на характеристики КС и отработку методики проектирования горелочных устройств с использованием оптимизационных расчетов.

В рамках данной работы проведен комплекс оптимизационных расчетов с целью выявления наиболее эффективных конструкций горелочного устройства. По результатам были выбраны компоновки, характеризующиеся наименьшими окружной и радиальной неравномерностями смешения, смещением максимальной доли топлива к периферии и оси горелки. Для полученных вариантов горелочного устройства были проведены CFD расчеты с горением для выявления эмиссионных характеристик и неравномерности поля температур на выходе из КС.

В ходе исследования было получено, что влияние характеристик смешения на полноту сгорания не столь существенно, по сравнению с эмиссией. Наибольшее влияние процесс смешения оказывает на выбросы NOx. Наименьшее значение выбросы NOx принимают при распределении топлива ближе к периферии, вследствие обеднения пилотной зоны обратных токов, характеризующейся наибольшими температурами и временем пребывания. Наибольшая концентрация оксидов азота на выходе из КС достигается при смещении максимума концентрации топлива в центре канала горелочного устройства. Данный эффект вызван одновременным повышением концентрации топлива в зоне обратных токов, по сравнению с распределением к периферии, и увеличением длины фронта пламени, по сравнению со смещением к оси горелки.

### **Исследование влияния угла наклона отверстий охлаждения на тепловое состояние стенок жаровой трубы модельной камеры сгорания при различном количестве отверстий в поясах охлаждения**

Янук А.В., Шлыков Д.А., Панов Е.Н.  
Научный руководитель — Тарасенко А.Н.  
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Для обеспечения требуемой долговечности камеры сгорания необходимо выдерживать температуру элементов конструкции в диапазоне рабочих температур используемых материалов. В силу того, что жаровая труба является наиболее теплонагруженным элементом, её система охлаждения требует особого внимания [1].

В данной работе рассматривается система плёночного охлаждения жаровой трубы кольцевой одноярусной прямоточной модельной камеры сгорания. Грамотный выбор таких параметров системы охлаждения, как диаметр отверстий охлаждения  $d$ , угол их наклона к поверхности жаровой трубы  $\alpha$ , количество отверстий  $n$  в поясе охлаждения, а также расположение самих поясов охлаждения, позволяет улучшить тепловое состояние жаровой трубы без значительного увеличения расхода воздуха. Для проведения подобного анализа необходимо знать зависимости между температурными характеристиками стенок жаровой трубы и параметрами системы охлаждения. Поэтому в данной работе исследуется влияние угла наклона отверстий охлаждения на тепловое состояние жаровой трубы и изменение этого влияния при увеличении числа отверстий охлаждения.

Анализ выбранной модели камеры сгорания проводился при помощи методов численного моделирования. Были получены зависимости максимальной и средней температур воздуха вблизи поверхности жаровой трубы от угла наклона отверстий охлаждения и изменение этих зависимостей при увеличении числа отверстий в поясе охлаждения. Угол наклона менялся в диапазоне значений от  $30^\circ$  до  $60^\circ$  с шагом  $7,5^\circ$ , а количество отверстий выбиралось из ряда [8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22].

Из полученных зависимостей видно, что максимальная температура на нижней поверхности жаровой трубы возрастает с увеличением угла наклона  $\alpha$  при всех значениях  $n$ , за исключением  $n = 8$ . С увеличением числа отверстий максимальная температура на нижней поверхности уменьшается. Максимальная температура на верхней поверхности с увеличением угла наклона может как возрастать, так и уменьшаться; при увеличении количества отверстий в поясе охлаждения максимальная температура уменьшается. Средняя температура на нижней поверхности жаровой трубы увеличивается с увеличением угла и уменьшается при увеличении количества отверстий. На верхней поверхности средняя температура с увеличением угла возрастает вплоть до значения угла  $52,5^\circ$ , достигает максимума при этом значении угла и в дальнейшем уменьшается.

Список используемых источников:

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. / Под ред. д.т.н. В.Е. Дорошенко, М.: Мир, 1986. — 566 с.
2. Жестков Б.А. Основы теории и расчёта теплового состояния стенок камер сгорания реактивных двигателей: учебное пособие. / Уфа: УАИ, 1980. — 94 с.

## **Секция №2.2 Конструкция и прочность ДЛА**

---

### **Топологическая оптимизация силовых элементов реактивного сопла**

Бородкин Н.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Марчуков Е.Ю.

ОКБ им. А.Люльки, Москва

Повышение удельной прочности и минимизация массы деталей являются одними из ключевых задач в аэрокосмической отрасли. Топологическая оптимизация служит эффективным инструментом для получения легких и прочных конструкций, а реализация полученных форм, с геометрией зачастую недоступной для классических методов субтрактивного производства, возможна благодаря аддитивным технологиям.

Оптимизация топологии — это математический метод, позволяющий получить наиболее эффективную топологию детали по указанной целевой функции и заданным ограничениям, в рамках определенного конструктором объема. Метод в некоторой степени автоматизирует часть работы конструктора и предлагает форму, наилучшим образом соответствующую заданным критериям: прочностным и массовым характеристикам.

Работа посвящена двухуровневой оптимизации элементов механизации перспективного реактивного сопла.

Оптимизация топологии деталей проводилась в программном комплексе Altair Inspire 2022.

В ходе выполнения работы были реализованы следующие этапы:

- Параметрическая оптимизация кинематической схемы привода сопла в Altair Hyperworks.
- Построение области оптимизации для каждой детали в Siemens\_NX на основании результатов параметрической оптимизации.
- Генерация оптимальной топологии в Altair Inspire.
- Проектирование твердотельных моделей в Siemens NX на основании полученной facетной геометрии с оптимальной топологией.
- Поверочный прочностной расчет в программном комплексе ANSYS .

Наиболее рациональным целевым критерием для решения данной задачи является минимизация массы при указанном минимально допустимом запасе статической прочности. Дополнительными ограничениями являются предельные абсолютные перемещения и симметрия относительно плоскости перемещения детали.

Твердотельная модель, проработанная на основе сгенерированной facетной геометрии учитывает технологические особенности аддитивного производства, нависающие элементы сведены к минимуму, скорректированы диаметры некоторых перемычек, обеспечена плавность сопряжения отдельных элементов детали.

Поверочный прочностной расчет выполнен в программном комплексе ANSYS, проводятся испытания в составе изделия.

По результатам работы снижение массы узла составило порядка 40%.

### **Процесс воспламенения не самовоспламеняющегося топлива в камере сгорания турбореактивного двигателя**

Галиев А.Р., Есина П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кустов А.В.

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

При проектировании ракетного двигателя система зажигания компонентов топлива является одной из важнейших задач, для того чтобы: обеспечить плавный характер запуска, снизить нагрузки при запуске двигателя, обеспечить высокую надежность устройства и возможность многократного применения. На практике применялись разнообразные способы

зажигания топлива в ракетных двигателях и каждый из них характеризовался своими преимуществами и недостатками.

Одним из перспективных способов зажигания является лазерное зажигание, при котором происходит оптический пробой и инициация горения благоприятного соотношения топливной пары. После включения лазерного источника, происходит фокусировка на специальную мишень, размещенную в полости камеры двигателя и создание оптического пробоя с возникновением плазмы оптической искры. Для увеличения надежности запуска создается серия лазерных импульсов. Преимуществом данного способа зажигания является его многократное использование для повторного запуска двигателя и четкий выбор зоны начала горения. Недостатками данной системы зажигания является ее сложность и низкая универсальность применения для разных видов топлива в связи с не отработанными процессами воспламенения [1].

Также для многократного запуска двигателя применяется схема электроискрового зажигания, при котором в установленный на камеру двигателя запальный блок подается газообразные компоненты топлива, воспламеняемые внутри при помощи электроискровой свечи. Однако данная схема менее надежна по сравнению с более простыми способами зажигания, так как требует наличие газообразных пусковых компонентов и поддержания высокого электрического напряжения в вакууме [2].

Схема электроплазменного зажигания стала развитием идеи электроискрового зажигания, при котором на камере сгорания размещается запальное устройство с установленной внутри плазменной свечой. Устройство соединено каналом с камерой двигателя и при возникновении электрического разряда между контактами в заполненной газом рабочей области, газ разогревается до высоких температур и расширяясь поступает в камеру двигателя иницируя горения компонентов топлива.

Пиротехнический метод зажигания является простым и надежным, по команде «Запуск» подается напряжение на пиропатроны пороховых запальных устройств, установленных в камерах, которые при воспламенении иницируют зажигание топливной пары. Недостатком данной схемы зажигания является ее однократность запуска.

Рассмотрим вопрос создания малого турбореактивного двигателя на основе существующего прототипа малого турбореактивного двигателя с многократной схемой зажигания двигателя.

При проектировании аналога малого турбореактивного двигателя интерес вызвала бы схема лазерного зажигания, выделяясь своими преимуществами и надежностью уже отработанной схемы зажигания керосина. Но пока не разработаны относительно малые системы лазерного зажигания и применение такой системы будет не целесообразно.

Наиболее эффективным решением будет применение в данном проекте свечи зажигания. Это позволит уменьшить массогабаритные характеристики двигателя и сохранить простоту и надежность инициации горения компонентов топлива.

Список используемых источников:

1. Веселов А.В., Фуфачев Н.С. Лазерное зажигание ЖРД // Решетневские чтения : материалы науч. — техн. конф. М., 2013, 120–122 с.
2. Яцуненко Г.С. Технический анализ способов зажигания и воспламенения компонентов топлива жидкостных ракетных двигателей // Решетневские чтения : материалы науч. — техн. конф. М., 2018, 227–229 с.

## **Исследование влияния угла наклона зуба цилиндрической шестерни на её прочностные характеристики**

Епихин В.И.

МАИ; ПК «Салют» АО «ОДК», Москва

В современных условиях двигателестроения к коробкам приводов агрегатов (КПА), обеспечивающим функционирование основных систем двигателя и самолета, предъявляются высокие требования по качеству, надежности и долговечности. Конструкция КПА должна обеспечивать ее работоспособность во всем диапазоне работы двигателя, от запуска до

максимального режима в течение всего полета, включая возможные эволюции самолета. Поломка одного зубчатого колеса в КПА может привести к выходу из строя всего двигателя.

Часто прочность зубчатых колес обеспечивается за счет увеличения габаритов передачи, что приводит к повышению массы деталей. Поэтому одним из вариантов увеличения запасов прочности цилиндрических шестерен, без существенного повышения массо-инерционных характеристик, является изменение угла наклона зуба.

Аналитические методы оценки прочности зубчатых колес недостаточно точны и не дают полной картины распределения изгибающих напряжений в сечении основания зуба и контактных напряжений на его рабочей поверхности.

Таким образом, целью данной работы является исследование зависимости прочностных характеристик цилиндрической шестерни от угла наклона зуба (9°, 15°, 30°) на базе метода конечных элементов (МКЭ) в программном пакете Femap/NX.Nastran и сравнение полученных результатов с аналитическим решением, выполненным в программном пакете KISSsoft.

По результатам сравнительных расчетов был определен оптимальный с точки зрения напряженно-деформированного состояния угол наклона зубьев рассматриваемой шестерни.

В дальнейшем одной из наиболее интересных и важных направлений является исследование динамических нагрузок на зубчатые колеса с учетом изменения режимов работы двигателя и соответствующих нагрузок на шестерни, включая влияние различных типов смазки, методов ее подачи и температуры нагрева.

### **Стабилизация радиальных зазоров лабиринтных уплотнений системы разгрузки от осевых сил**

Кривоногова Т.О., Беденко К.А.

Научный руководитель — к.т.н. Тисарев А.Ю.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

В результате нестационарных процессов, например, набора и сброса режимов, статорные детали прогреваются и остывают быстрее, чем роторные. Это приводит к раскрытию радиальных зазоров уплотнительной системы и к увеличению давления в разгрузочной полости. Увеличение давления в разгрузочной полости влияет на суммарную осевую силу, воспринимаемую радиально-упорным подшипником (РУП) каскада высокого давления. Превышение допустимого значения осевой силы может приводить к разрушению подшипника. В работе поднимается проблема превышения допустимой осевой силы на РУП авиационного газотурбинного двигателя.

Для решения описанной проблемы необходимо стабилизировать величину радиального зазора в уплотнениях, которые разграничивают внутренние каналы. Под стабилизацией подразумевается минимизация изменения величины радиального зазора на всех стационарных и переходных режимах работы изделия.

К основным факторам, влияющим на величину радиального зазора, можно отнести различные нагрузки (центробежная сила, давление и осевая сила, температура), а также свойства материала (плотность, удельная теплоемкость и коэффициент температурного расширения). Среди факторов нагружения наибольшее влияние оказывает температура, способствуя раскрытию радиальных зазоров. Это объясняется различным темпом прогрева статорных и роторных деталей: статор прогревается и перемещается в радиальном направлении быстрее, чем ротор [1]. В данной работе для стабилизации радиальных зазоров рассматривается повышение тепловой инерционности статорных деталей.

Для повышения тепловой инерционности статорных деталей были рассмотрены несколько модификаций исходной конструкции:

1. Добавление теплозащитных экранов на статорные кольца лабиринтных уплотнений.
2. Добавление теплозащитных экранов и теплоизоляционного материала между экранами и статорными кольцами.

3. Увеличение массы статорного кольца.
4. Добавление сегментных вставок со стороны сот.

Для оценки эффективности предложенных мероприятий были проведены нестационарные теплогидравлические и термомеханические расчеты с использованием программ ХПИ. Темп прогрева деталей оценивался с помощью параметра, называемого постоянной времени, который показывает, как быстро прогревается деталь [2].

В ходе анализа результатов было установлено:

1. Предложенные мероприятия позволили повысить тепловую инерционность статорных колец до двух раз и несколько снизить раскрытие зазоров на нестационарном взлетном и стационарном режимах. Наиболее эффективным мероприятием с точки зрения уменьшения зазоров является модификация 2.

2. Величина осевой силы снизилась на стационарных площадках. Несмотря на уменьшение раскрытия зазоров эффекта при приёместности получено не было, поскольку полученное уменьшение зазоров при нестационарном прогреве изделия недостаточно, чтобы уменьшить давление, устанавливаемое в разгрузочной полости.

Сделан вывод о том, что повышение тепловой инерционности рассматриваемых статорных колец, хоть и уменьшает величину радиальных зазоров уплотнительной системы, но не оказывает эффекта на величине осевой силы, поскольку не обеспечивается необходимое давление в разгрузочной полости.

После этого было предложено оценить влияние материала статорных колец и использовать другой материал с близкими прочностными характеристиками, но с меньшим коэффициентом линейного расширения. Данное предложение было реализовано на базе модификации 2.

Анализ результатов показал, что с заменой материала с меньшим коэффициентом линейного расширения удалось уменьшить величину осевой силы на 20 % при приёместности.

Список используемых источников:

1. Кузнецов Н.Д. Управление радиальными зазорами в турбокомпрессорах авиационных ГТД: учеб. пособие [Текст] / Н.Д. Кузнецов, В.П. Данильченко, В.Е. Резник. — Самар. авиац. ин-т, Самара, 1991. — 109 с.
2. Нильсен А. Экспериментальные исследования тепловых характеристик турбореактивных двигателей [Текст]: дис. докт. техн. наук: защищена 21.04.2006. / А. Нильсен. — Штутгарт, 2006. — 116 с.

## **Создание сопряженной теплогидравлической и термомеханической модели авиационного двигателя**

Матвеев А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фалалеев С.В.

Самарский университет, Самара

Воздух пневмосистемы используется для: охлаждения сопловых и рабочих лопаток турбин, охлаждения дисков и корпусных деталей турбин, охлаждения опор, наддува масляных полостей опор, противообледенительной и других систем, а также нужд самолета. Отсутствие ошибок при проектировании пневмосистемы позволяет обеспечить работоспособность конструкции двигателя в течении назначенного ресурса на всех режимах его работы. Для представления внутренних полостей двигателя используют теорию графов. Распределение расходов по каналам определяется на основании первого и второго законов Кирхгофа. Модель пневмосистемы позволяет рассчитать значения давлений, температур и коэффициентов конвективной теплоотдачи в внутренних полостях двигателя, а также оптимальные величины зазоров в лабиринтных уплотнениях, которые являются одними из основных элементов пневмосистемы. На основе рассчитанных параметров пневмосистемы проводится теплогидравлический расчет, по результатам которого определяется тепловое состояние двигателя. Затем, проводится термомеханический расчет, к двигателю

прикладываются граничные условия из предыдущего расчета, также давление, действующее на элементы конструкции, действующие на лопатки осевые силы, крутящие моменты. Результатом этого расчета являются величины осевых и радиальных зазоров в лопаточных венцах компрессора и турбины, зазоры в лабиринтных уплотнениях. Заданная точность достигается методом последовательных приближений, то есть проводится цикл расчетов до достижения заданной точности по температуре стенок и зазорам. Двигатель при расчетах представлен в виде плоской осесимметричной конечно-элементной модели. Используются конечные элементы для моделирования осесимметричных и неосесимметричных элементов конструкции, элементы для приложения граничных условий 3-го рода, моделирования контакта и лучистого теплообмена. При расчете зазоров также учитываются следующие факторы: все замкнутые полости в двигателе, тепловое состояние опор (коэффициенты конвективной теплоотдачи и температура), излучение между элементами с большим градиентом температур (больше 300 градусов), степени втекания газа в привтулочных поверхностях турбины.

Авторами разработана цифровая модель конвертированного авиационного ГТД НК-14СТ, включающая его гидравлическую и термомеханическую модели. С ее использованием исследовано влияние некоторых факторов на величины радиальных зазоров. По уровню влияния данных факторов делается заключение о степени необходимости учета их на предварительном этапе формирования пневмосистемы. В качестве первого рассматриваемого фактора исследован учет теплового состояния стенок масляной полости опоры двигателя. При первоначальном расчете в промежуточной опоре турбины коэффициент конвективной теплоотдачи был задан  $200 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . Далее коэффициент был уменьшен до  $50 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  и сравнивались зазоры с первоначальным расчетом. Изменение радиального зазора по турбине ВД и СТ не превысило  $0,01\text{мм}$ . Такая же величина задается как степень точности при термомеханическом расчете. С учетом величины радиальных зазоров,  $0,01 \text{ мм}$  составляет не более  $1,4\%$  от их величины, поэтому для уменьшения времени формирования пневмосистемы можно пренебречь величиной коэффициента теплоотдачи.

Далее исследовалось влияние лучистого теплообмена в камере сгорания и турбины. Было получено, что учет лучистого теплообмена в камере сгорания существенно влияет на тепловое состояние последней ступени корпуса компрессора и на величину радиального зазора в ней. При расчете теплового состояния турбины необходим учет лучистого теплообмена в ее конструкции.

Также было выявлено, что на предварительном этапе формирования пневмосистемы можно пренебречь теплообменом в замкнутых полостях.

Величины радиальных и осевых зазоров необходимы для уточнения термогазодинамической модели двигателя, а также для проектирования, в случае необходимости, системы управления радиальными зазорами. Использование упрощенной пневмосхемы позволяет существенно снизить временные расходы на поиск удовлетворительного компоновочного решения. Далее проводятся уточненные теплогидравлический и термомеханические расчеты конструкции двигателя с использованием пневмосистемы с учетом всех факторов.

## **Исследование проблемы попадания посторонних предметов на входе в двигатель на основе анализа статистических данных**

Рейман А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Давыдов А.В.

МАИ, Москва

С началом применения в авиации турбореактивных двигателей (ТРД) возникла возможность их повреждения попавшими на вход посторонними предметами, что является крайне актуальной проблемой. Попавшие на вход в двигатель посторонние предметы в основном повреждают лопатки компрессора, а иногда и другие элементы проточной части

двигателя. Эти повреждения часто бывают настолько значительны, что делают невозможной дальнейшую эксплуатацию, и требуется досрочное снятие двигателя для его восстановительного ремонта, что приводит к большим материальным затратам. При досрочном съеме двигателей (ДСД) нарушается график грузопассажирских перевозок в гражданской авиации и теряется боеготовность самолетов военной авиации.

Проблема повреждения двигателей посторонними предметами существовала всегда. Однако при исследовании этого вопроса было обнаружено, что на данный момент отсутствует полноценная статистика по количеству ДСД, которая позволила бы оценить масштаб проблемы в количественном соотношении. Сбор статистики является неотъемлемой частью любого исследования, поскольку этот этап позволяет поставить правильные цели.

Сбор статистики был начат с изучения данных, предоставленных ФГУП «Летно-испытательным институтом им. М. М. Громова».

Анализируя данные по случаям досрочного съема двигателей (за шесть лет эксплуатации самолетов с 1995 по 2000 г. включительно), можно отметить, что отношение количества досрочно снимаемых двигателей по причине их повреждения посторонними предметами (ДСДпп) к общему количеству досрочно снимаемых двигателей из-за повреждения по всем причинам (ДСД) составляет в среднем около 30 % при эксплуатации пассажирских самолетов и около 45 % при эксплуатации военных самолетов.

Также был проведен анализ данной проблемы с экономической точки зрения. Анализ включает в себя соотношение различных статей ущерба, причиненного досрочным съемом двигателей из-за повреждений лопаток компрессора попавшими на его вход посторонними предметами для конкретных самолетов по данным из эксплуатации. Из рассмотрения результатов этого анализа, следует, что основной ущерб составляет ущерб от простоя самолетов, и если принять его за 100 %, то материальные затраты на необходимый восстановительный ремонт двигателя составят почти в два раза меньшую величину ~ 48 %. Важным фактором также является то, что максимальная стоимость восстановительного ремонта двигателя в некоторых случаях соизмерима со стоимостью самого двигателя.

Проблема повреждения двигателей попавшими на вход посторонними предметами не остается без внимания и за рубежом. Так, в статье «Стоимость ущерба от попадания посторонних предметов» специалиста по данной проблеме из Военного исследовательского центра Англии Р. Френда приведены сведения о том, что за один год эксплуатации в ВВС Англии было выведено из строя 129 двигателей в результате попадания в них посторонних предметов на находящихся в эксплуатации 550 самолетах. Затраты на замену и ремонт модулей двигателей составили 30 млн долл. США. Дополнительные расходы — еще 70 млн долл. Ассоциация воздушного транспорта США, в которую входят 23 авиакомпании, отметила, что средняя величина ущерба от попадания посторонних предметов в двигатели составила примерно 72 млн долл. в год. На основании этих данных в статье Р. Френда дана ориентировочная оценка ущерба для мировой авиационной промышленности — от 3 до 4 млрд долл. в год. Не лучше ситуация обстоит в США: по официальным данным компании Boeing стоимость ремонта одного двигателя превышает 20 % от его покупной стоимости. А если учесть дополнительные затраты компании из-за задержки рейса или вовсе несостоявшихся полётов, авиационная промышленность США терпит убытки в размере 4 млрд долл. в год. Из этого следует вывод, что попадание посторонних предметов в двигатель — проблема мирового масштаба, требующая детальной проработки в ее изучении.

Поэтому относительно выбранной проблемы необходимо выявить наиболее частую причину попадания посторонних предметов на вход в двигатель, что являлось следующим этапом исследования.

Анализ статистических данных, предоставленных ЛИИ им. М. М. Громова, по случаям повреждения двигателей попавшими на их вход посторонними предметами на военных самолетах, позволил установить следующие процентные соотношения: попадание посторонних предметов с поверхности аэродрома (частиц аэродромной засоренности) — 76 %; попадание элементов крепежа самолета — 9 %; попадание элементов крепежа двигателя — 6 %;

попадание птиц — 7 %; попадание элементов одежды и инструментов — 1 %; попадание кусков льда и града — 1 %.

На основании изученной статистики можно сделать вывод — наиболее вероятны случаи повреждения двигателя попавшими в его вход посторонними предметами с поверхности аэродрома (т.е. попадание элементов крепежа самолета, льда, птиц наименее вероятно), и эта проблема является наиболее важной для двигателестроения.

Список используемых источников:

1. Комов А.А. Обеспечение защищенности двигателей от попадания твердых посторонних предметов при формировании компоновочного облика самолета // Научно-технический сборник ЛИИ им. М. М. Громова. 2005. № 247. С.10–15.

2. Розенфельд И.А., Ларионова Н.С., Назаренко В.А. Комплексные исследования проблемы защиты авиационных двигателей от попадания на их вход посторонних предметов с поверхности аэродрома и пути ее решения // Научно-технический сборник ЛИИ им. М. М. Громова. 2011. № 557. С.5–21.

3. Чемарев В.Н. Досрочное снятие двигателей самолетов фронтовой и дальней авиации из-за попадания посторонних предметов и птиц в 1995-2000 гг // Научно-технический сборник ЛИИ им. М. М. Громова. 2005. № 247. С.17–31.

### **Особенности проектирования турбин газотурбинных двигателей с регулированием поворотного соплового аппарата**

Сабитов Р.А., Шеметовец А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеренко В.Г.

МАИ, Москва

Регулирование турбин газотурбинных двигателей (ГТД) путём поворота лопаток соплового аппарата (СА) является эффективным средством увеличения расхода газа, а также сохранения мощности силовой установки с ГТД авиационного и наземного применения. Расход газа и мощность турбины изменяется пропорционально площади горла СА, фактически пропорционально синусу эффективного угла выхода и СА турбины. Как известно, многие авиационные ГТД, отечественные и иностранные, имеют модификации для их наземного применения. Это турбины для привода генераторов, вырабатывающих электрический ток, и турбины газоперекачивающих станций. При увеличении температуры наружного воздуха их мощность падает и её восстановление требует увеличения максимальной температуры газа перед турбиной путём увеличения частоты вращения ротора, во многом определяющим ресурс ГТД.

В настоящее время за рубежом активно ведутся работы по так называемому адаптивному трёхконтурному двигателю маневренных ЛА. При открытии наружного третьего контура на сверхзвуковом крейсерском режиме полёта увеличивается расход воздуха, который турбина вентилятора может пропустить только при повороте его СА. Таким образом, проектирование поворотных СА турбины актуально и имеет большое практическое значение для современных и перспективных ГТД. Оно реализовано в ТРДТф ХА-100 и ХА-101 GE и PW США, особенности конструкции поворотного СА не раскрываются.

Практическое осуществление поворота лопаток СА связано с большими трудностями в связи с работой СА турбины в потоке горячих газов. Конструкции поворотных лопаток направляющих аппаратов компрессора и кинематическая схема их поворота хорошо отработаны и широко применяются в отечественных и иностранных ГТД, включая поворотную конструкцию выходной части («хвостика») входного НА вентилятора. В поворотном СА турбины из-за различий высокой температуры изменяются диаметральные размеры между торцевыми поверхностями лопаток СА (вверху и внизу профильной части СА) и внутренними поверхностями статорных частей корпуса. Возникает увеличение радиальных зазоров, через которые потоки газа интенсивно перетекают с вогнутой на выпуклую поверхности лопаток СА, что приводит к критическому уменьшению КПД

турбины. Очевидно, что требуется разработать такую конструкцию поворотного СА турбины, которая бы обеспечивала минимальное изменение радиальных зазоров по концам поворотных лопаток СА. Одно из возможных решений этой сложной конструкторской задачи представлено в данной работе. Очевидно, что её успешное решение требует минимального угла поворота СА. Чем меньше эффективный угол выхода СА, тем меньше и требуемый угол поворота. Следовательно, в каждом конкретном случае надо исследовать эффективность поворота всех ступеней турбины, включая изменение уровня потерь энергии газа в лопатках СА при их повороте и его влияние на потери энергии газа в рабочем колесе (РК) ступени турбины.

Представлена новая конструкция поворотного СА первой ступени трёхступенчатой силовой турбины ГТУ АЛ 31 СТ, с охлаждением поворотного механизма, предназначенная для привода компрессора газоперекачивающей станции.

Список используемых источников:

1. Казанджан П.К., Тихонов Н.Д. Теория лопаточных машин: Учебник для студентов вузов. — М.: Машиностроение, 1995. -320 с.

2. АЛ-31СТ Газотурбинный двигатель АЛ-31СТ для привода центробежного нагнетателя газоперекачивающего агрегата ссылка на ресурс <https://umpro.ru/products/gazoturbinnaya-energetika/al-31st/> [дата обращения 20.02.2023]

### **Анализ отказов и повреждений авиационных двигателей за период 2007-2020 годы**

Симонова Е.С.

Научный руководитель — Дмитриев С.А.

МАИ, Москва

Надежность силовой установки имеет ключевое значение и главным образом влияет на эксплуатационные качества самолета. В данной работе проанализированы основные причины отказов авиационных двигателей, приведших к авиационному происшествию или катастрофе. Выявлены наиболее часто встречающиеся неисправности и причины их возникновения, проанализированы полученные данные. Материалы для анализа взяты из открытых источников.

По данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК), в гражданской авиации государств-участников межгосударственного Соглашения о гражданской авиации (в том числе России) в период с 2007 по 2020 годы произошло 473 авиационных происшествий, из них 73 из-за отказа или повреждения двигателя, в том числе 28 катастроф с гибелью 257 человек.

По данным NTSB (National Transportation Safety Board (Национальный совет по безопасности транспорта)), в США и странах-союзниках за аналогичный период произошло 83 авиационных происшествия, из них 23 из-за отказа или повреждения двигателя, в том числе 9 катастроф с гибелью 216 человек.

По отчетам МАК преобладающей причиной авиационных происшествий в связи с отказом, либо повреждением двигателя, является человеческий фактор — 39%. При этом на прочностные и функциональные отказы и повреждения приходится — 40%. Что касается происшествий, разобранных по данным NTSB, из-за ошибок людей произошло — 17% авиационных происшествий, а из-за отказов и повреждений систем — 59%.

На основе проанализированных данных можно выделить ряд основных или наиболее часто повторяющихся причин отказов двигателей. К таковым относятся: усталостные трещины и разрушения дисков и лопаток компрессоров и турбин, повреждение лопаток компрессора посторонними предметами, трещины и прогары жаровых труб камер сгорания, повреждение и отказы элементов топливной системы, повреждение систем управления.

Сложно назвать конкретные причины отказов, из-за которых происходит большинство происшествий. Чаще всего катастрофа — это следствие наложения друг на друга дефектов и отклонений (производственных, технологических, конструкционных и др.). Вследствие

высокой напряженности элементов конструкции газотурбинного двигателя, интенсивности тепловых и газодинамических процессов в нем происходящих, сложности системы автоматического управления двигателем при эксплуатации ГТД разных типов приходится сталкиваться с большим многообразием причин отказов. На практике приходится иметь дело с причинами отказов ГТД, связанными с прочностью (статической и динамической) нагруженных деталей, с рабочим процессом в основных узлах двигателя, с характером процессов его управления, со свойствами элементов, входящих в системы двигателя (системы смазки, регулирования, топливопитания, зажигания и др.), с особенностями его производства, с характером его эксплуатации.

Одно из обязательных требований при сертификации нового газотурбинного двигателя (разработанного или модернизированного) — анализ безопасности конструкции (анализ рисков). В общем случае анализ надежности узлов и агрегатов авиадвигателей основывается на расчетно-экспериментальных методах определения прочности, ресурса, надежности, живучести и безопасности.

Следует отметить, что фирмы-изготовители зачастую не публикуют данных по отказам, в особенности связанным с конструктивно-технологическими несовершенствами. Поэтому приведенный анализ, основанный на опубликованных данных, не должен считаться исчерпывающе полным. Но всё-таки работу такого типа необходимо проводить периодически, обновляя уже имеющиеся сведения и использовать полученные материалы при анализе конкретной неисправности в совокупности отказов (зачастую наблюдается цепь взаимосвязанных отказов и повреждений, поэтому важно разделять первопричину и следствие данного отказа), при разработке новых изделий и при составлении программ обеспечения надежности.

Список используемых источников:

1. Отчеты Международного авиационного комитета (МАК) о происшествиях в период с 2007 по 2020 года.
2. Отчеты Национального совета по безопасности транспорта (NTSB) о происшествиях в период с 2007 по 2020 года.
3. Сарычев С. В. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук «Методологические основы оценки технических рисков системы управления безопасностью полетов при проектировании, производстве и серийной эксплуатации ГТД».
4. Н.А. Махутов, М.М. Гаденин, А.Н. Романов, ИМАШ РАН. Фундаментальные основы определения прочности, ресурса, живучести и безопасности авиадвигателей (доклад на всероссийской научно-технической конференции «Авиадвигатели XXI века», Москва, ЦИАМ имени П.И. Баранова 24-27 ноября 2015г.) (с 467-469)

### **Исследование влияния различных вариантов конструкции переходного канала на показатели эффективности двухступенчатого ЦБК перспективных малоразмерных ТВД и ТВаД**

Синякин В.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Равикович Ю.А.  
МАИ, Москва

В настоящее время в малоразмерных турбовинтовых (ТВД) и турбовальных (ТВаД) газотурбинных двигателях мощностью 400-2000 л.с. является перспективным применение высоконапорных и высокооборотных центробежных компрессоров (ЦБК). Данная схема газоздушного тракта полностью исключает применение осевых ступеней и, благодаря чему, позволяет снизить массу, габаритные размеры и стоимость изготовления двигателя. Как правило, современные ЦБК имеют следующие параметры на взлетном режиме работы летательного аппарата: степень повышения давления  $\pi^*_{\text{к}} = 5...15$ ; расход воздуха  $G_{\text{в}}$  варьируется в диапазоне 1,5...5 кг/с в зависимости от мощности проектируемого двигателя; частота вращения ротора  $n_{\text{к}} = 40000...60000$  об/мин.

Целью данной работы является исследование конструктивных факторов, влияющих на эффективность проточной части высоконапорных и высокооборотных ЦБК. В качестве объекта исследования выбраны ЦБК со степенью повышения давления от 10 до 15 для ТВД и ТВД мощностью более 1500 л.с. Это обусловлено тем, что при данных степенях повышения давления используется схема проточной части двигателя с применением двухступенчатого ЦБК. Наиболее значимым с точки зрения исследования является стационарная часть компрессора, а именно — переходной канал, связывающий два центробежных рабочих колеса.

В данном исследовании рассмотрены следующие варианты конструкции переходного канала: лопаточный диффузор клиновидной формы, двухрядный лопаточный диффузор, трубчатый диффузор, лопаточный диффузор с изменяемой геометрией в зависимости от режима полета.

Выполнено численное исследование влияния различных вариантов конструкции переходного канала на газодинамические параметры и параметры эффективности центробежных компрессоров с применением универсальной программной системы конечно-элементного (МКЭ) анализа Ansys. В процессе выполнения расчетов контролировались следующие параметры: расход воздуха, полные величины давления и температуры на выходе из диффузора. На основе данных параметров выполнен расчет гидравлических потерь в различных вариантах конструкции диффузора.

Полученные результаты имеют большое практическое значение, поскольку современные и перспективные малоразмерные авиационные газотурбинные двигатели, мощностью более 1500 л.с., рекомендуется проектировать с применением двухступенчатого ЦБК и эффективность этого компрессора во многом определяет эффективность всего двигателя.

Список используемых источников:

Боровский Б.И., Ершов Н.С., Овсянников Б.В., Петров В.И., Чебаевский В.Ф., Шапиро А.С. Высокооборотные лопаточные насосы / Под ред. Б.В. Овсянникова, В.Ф. Чебаевского. — М.: Машиностроение, 1975. — 337 с.

Варсегов В.Л., Абдуллах Б.Н. Газодинамическая оптимизация лопаточных диффузоров клиновидной формы центробежного компрессора малоразмерных турбореактивных двигателей на основе численного моделирования // Вестник Московского авиационного института. 2017. Т. 26. № 4. С. 134-143.

Ша М., Агульник А.Б., Яковлев А.А. Влияние расчетной сетки при математическом моделировании натекания дозвукового потока на профиль перспективной лопатки с отклоняемой задней кромкой в трехмерной постановке // Вестник Московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 4. С. 110-121.

## **Перспективная подъёмно-разгонная вентиляторная установка с газовым приводом**

Ушаков А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

Московский Политех, ОКБ им. А.Люльки, филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва

Применение авиации ограничено необходимостью использования специальной инфраструктуры. Чтобы использовать летательный аппарат (далее — ЛА) более гибко, применяют различные технические решения, позволяющие компенсировать отсутствие той или иной инфраструктурной единицы. Одним из таких решений являются устройства вертикального взлета и посадки.

Подъёмно-разгонная вентиляторная установка с газовым приводом (далее — ВУ) позволяет совершать вертикальный взлет и посадку на ограниченном пространстве, без использования взлетно-посадочной полосы.

Вентиляторные установки (ВУ) по схеме привода подразделяют на [1]:

- ВУ с механическим приводом;
- ВУ с газовым приводом;

- ВУ с комбинированным приводом.

Принцип действия ВУ сводится к созданию подъемной силы, вектор которой направлен перпендикулярно горизонту. С набором высоты вектор тяги постепенно поворачивается, тем самым обеспечивая ЛА постепенный набор горизонтальной скорости без потери высоты [2].

Преимущества ЛА с подъемно-разгонной вентиляторной установкой:

- Возможность взлета и посадки в ограниченном пространстве, без использования взлетной полосы;
- Возможность базирования ЛА на кораблях и базах, не имеющих взлетных полос;
- Отсутствие разрушения полотна под ЛА при использовании подъемно-разгонной вентиляторной установки;

Несмотря на все достоинства ЛА с подъемно-разгонной вентиляторной установкой имеют некоторые недостатки, а именно:

- ЛА более сложен в обслуживании;
- Большая масса ЛА, по сравнению с ЛА без подъемно-разгонной вентиляторной установки;

Некоторые недостатки могут быть решены при использовании аддитивных технологий и композитных материалов. Например, изготовление газодоводов из композитных материалов — для снижения их веса; аддитивно изготовленная полая лопатка турбины так же позволит снизить массу изделия.

В ходе разработки перспективной подъемно-разгонной вентиляторной установки с газовым приводом были произведены следующие работы:

- Построена электронная геометрическая модель вентилятора с лопатками турбины, расположенными по периферии лопаток вентилятора;
- Произведен расчет необходимых площадей сечений для построения корпуса «улитки», служащего для подвода рабочего тела на лопатки турбины;
- Построено несколько вариантов корпусов «улиток»;
- Произведен газодинамический расчет корпусов «улиток»;
- Произведен выбор наиболее оптимальной геометрии корпуса «улитки»;
- Составлена компоновочная схема узлов и агрегатов;
- Разработаны электронные геометрические модели узлов и агрегатов компоновочной схемы, составлена электронная геометрическая сборка;

Список используемых источников:

1. Ф. П. Курочкин Основы проектирования самолетов с вертикальным взлетом и посадкой. — Москва: Изд-во «Машиностроение», 1970. — 351 с.;
2. В. Ф. Павленко Силовые установки с поворотом вектора тяги в полете. — Москва: Изд-во «Машиностроение», 1987. — 196 с.

## **Сравнительный анализ эффективности плёночного охлаждения с помощью цилиндрических и веерных отверстий для сопловой лопатки турбины высокого давления**

Федорова А.Р.

Научный руководитель — Стародумов А.В.

МАИ, ОКБ им. А. Люльки, Москва

Объектом исследования являются модели рядов традиционных цилиндрических и новых веерных отверстий. В данной работе приведены сравнения эффективности выше описанных отверстий на основе открытой публикационной базы.

Обзор публикаций показывает, что кроме цилиндрических отверстий наиболее широко исследованы веерные отверстия. В реальных условиях плёночного охлаждения эффект веерных отверстий по сравнению с цилиндрическими отверстиями положительнее.

На основе монографии А.В. Щукина и др. «Теплофизика рабочих процессов в охлаждаемых лопатках газовых турбин» описаны особенности технологии изготовления и результаты сравнительного исследования цилиндрических и веерных отверстий.

Значимость работы состоит в использовании проанализированной публикационной базы применения веерных отверстий для снижения расхода охлаждающего воздуха при плёночном охлаждении сопловых лопаток турбины высокого давления при прочих равных условиях или при неизменном расходе охладителя на плёночное охлаждение, повысить температуру газа перед турбиной.

Приводится описание основных технологических проблем изготовления и производства веерных отверстий в сопловых лопатках. В настоящее время для изготовления охлаждаемых сопловых и рабочих лопаток ТВД на отечественных предприятиях используется литьём по выплавляемым моделям. Данная технология представляет собой трудоёмкий и дорогостоящий процесс. Поэтому внедрение веерных отверстий, имеющих более сложную форму, чем традиционные цилиндрические, требует новых технологий изготовления лопаток в целом и внедрения технологии выполнения веерных отверстий на лопатках, изготовленных литьём по выплавляемым моделям.

Список используемых источников:

1. Шукин А.В., Ильников А.В., др. Теплофизика рабочих процессов в охлаждаемых лопатках газовых турбин: монография. Казань 2020

2. Тихонов А.С., Самохвалов Н.Ю. Анализ использования профилированных отверстий перфорации для повышения качества плёночного охлаждения спинки сопловых лопаток // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2012. — Т.16. — №5(50). — С.20-27

3. Добровольский И.С., Самохвалов Н.Ю. Анализ использования профилированных отверстий перфорации для повышения качества плёночного охлаждения спинки сопловых лопаток турбин // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2012. — №16. — С.20 — 27

## **Анализ методов расстановки лопаток в рабочем колесе с целью минимизации влияния дисбаланса**

Фотина К.Д.

Научный руководитель — Пестов С.В.

ПНИПУ, АО «ОДК-Авиадвигатель», Пермь

Вновь разрабатываемые и уже эксплуатируемые газотурбинные двигатели (ГТД) должны соответствовать множеству технических параметров, основными из которых являются надежность, ресурс и безопасность. Эксплуатирующие организации и авиакомпания заинтересованы в получении наибольшей экономической выгоды, поэтому ставят перед отраслью авиадвигателестроения задачи по продлению ресурса эксплуатации двигателя. В современных ГТД, проектируемых для гражданских самолетов, очень актуальна проблема дисбаланса ротора турбокомпрессора. Чаще всего износ деталей происходит из-за различного вида вибраций, которые в свою очередь возникают из-за дисбаланса сборочных единиц. Их неуравновешенность можно снизить путем оптимальной расстановки лопаток в рабочем колесе.

Дисбаланс — это векторная величина, которая характеризует отклонение главной оси инерции от оси вращения ротора.

Дисбаланс может появиться в результате неточного изготовления составляющих (дисков, валов, лопаток) или в процессе сборки ротора из деталей, которые имеют собственную неуравновешенность. Также он может появиться в процессе эксплуатации двигателя в результате упругих и пластических деформаций, износа деталей. Наибольшее увеличение дисбаланса происходит в процессе приработки и в конце ресурса двигателя.

Балансировка позволяет уравновесить детали ротора и подразделяется на статическую и динамическую.

Под статической балансировкой подразумевается смещение центра тяжести диска к оси вращения ротора, что позволяет добиться безразличного положения ротора относительно оси. При статической балансировке сначала определяется тяжелая часть ротора при помощи силы тяжести, затем производится коррекция — добавление грузиков или снятие массы.

Динамический дисбаланс характеризуется отклонением главной оси инерции от оси вращения ротора, поэтому динамическая балансировка выполняется для приведения главной оси инерции к оси вращения. Для этого ротор ставят в специальное приспособление, в котором достигаются заданные частоты вращения и замеряются реакции в опорах.

Величина дисбаланса ротора напрямую зависит от неуравновешенности каждого рабочего колеса, которое состоит из диска и лопаток. В некоторых случаях расстановкой лопаток в пазах диска можно увеличить или уменьшить суммарный дисбаланс рабочего колеса.

В зависимости от размера лопатки определенной ступени применяют различную расстановку при сборке рабочего колеса:

- 1) Для малогабаритных легких лопаток используется произвольная расстановка.
- 2) В том случае, если на расстановку не накладываются конструкторские ограничения или, если достигаемая точность балансировки массива лопаток оказывается достаточной для последующей балансировки рабочего колеса, используется способ ручной оптимизации расстановки.
- 3) Крупногабаритные ширококордные лопатки (например, лопатки вентилятора) ввиду их затруднительной взаимозаменяемости и возникающей начальной моментной неуравновешенности располагают, пользуясь методом оптимизации расстановки лопаток по статической и моментной составляющей дисбаланса.

На данный момент для снижения дисбаланса ротора турбокомпрессора разработаны и используются различные методы расстановки лопаток в рабочем колесе. В нашем современном быстроразвивающемся высокотехнологичном обществе необходимо продолжить разрабатывать новые более экономичные и менее энергозатратные решения по устранению дисбаланса.

## **Проектирование системы РНА компрессора перспективного газогенератора**

Юртаев А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фалалеев С.В.

Самарский университет, Самара

Целью данной работы является проектирование системы РНА компрессора перспективного газогенератора с использованием различных программных пакетов. В литературе отсутствуют сведения о создании комплексной модели РНА, позволяющей определить ресурс системы РНА и предсказать возможные неисправности, которые могут возникнуть в ходе ее эксплуатации.

В работе [1] описывается методика проектирования системы РНА компрессора. На основе приведенной методики можно выделить основные части комплексной модели системы РНА: термогазодинамическую модель компрессора, созданную в программе АСТРА, программе расчета системы РНА по методу Хауэлла и программном комплексе ANSYS; параметрические 3D-модели системы РНА в программе САД-моделирования: NX, Компас, Solidworks или T-Flex; кинематические и динамические модели системы в ADAMS; структурные модели для оценки прочности элементов конструкции в ANSYS.

В первой части работы по проектированию системы РНА компрессора перспективного газогенератора проводилось термогазодинамическое проектирование (ТГДР) компрессора. Исходными данными для данного расчета являются результаты проектного термогазодинамического расчета всего двигателя, полученные с помощью программного комплекса АСТРА. В результате проектного расчета двигателя получена достоверная математическая модель двигателя, учитывающая различные его особенности; строится проточная часть двигателя. Следующим шагом является детальный газодинамический расчет компрессора, в ходе которого определяется геометрия его венцов и параметры рабочего тела в заданных сечениях и точках. Для этого используется программный комплекс Kompressor Install. После чего данные передаются в программу Kompressor Performance, которая позволяет автоматически строить характеристики компрессора по методу Хауэлла. Указывая количество регулируемых ступеней компрессора и углы установок лопаток

направляющих аппаратов на различных режимах работы двигателя, в программе можно увидеть влияние этих параметров на характеристику компрессора. Таким образом, можно определить требуемое число ступеней компрессора и углы поворота РНА для обеспечения заданного запаса газодинамической устойчивости компрессора без проведения дорогостоящих и длительных экспериментальных исследований.

Однако в качестве альтернативы может использоваться зарубежный программный комплекс FINE/Agile™, разработанный в тесном сотрудничестве компаний NUMECA Int. и Concepts NREC, позволяющий проводить 1D- и 3D-проектирование турбомашин. В дальнейшем будут проведены расчеты в рассматриваемых программных комплексах для сравнения полученных результатов, а также анализа возможности их использования при создании комплексной модели системы РНА.

Еще одним параметром, который определяется экспериментально является положение оси поворота лопаток. Однако положение оси также возможно определить при проведении сопряженного моделирования в программном комплексе Ansys.

В результате анализа различных конструктивных решений, принятых на современных наземных и авиационных ГТД, была разработана конструкция системы РНА компрессора перспективного газогенератора. К конструкции РНА предъявляются высокие требования по точности и синхронности поворота лопаток, исключения задержки и заеданий в кинематических связях и обеспечение надежности системы. Наиболее нагруженными являются элементы оси лопаток, где используются подшипники скольжения, без подвода смазки. Для проведения последующих кинематических и динамических расчетов в программном комплексе MSC.Adams и прочностных расчетов в программном комплексе Ansys создана 3D-модель спроектированной системы.

Список используемых источников:

1. Фалалеев С.В., Мелентьев В.С., Гвоздев А.С. Расчетный алгоритм виртуального моделирования регулируемых направляющих аппаратов осевого компрессора // Насосы. Турбины. Системы, 2016, № 3(20), С. 50-60.
2. Falaleev S.V., Melentjev V.S., Gvozdev A.S. Methodology of computer-aided design of variable guide vanes of aircraft engines// International Journal of Environmental and Science Education. 2016, VOL. 11, NO. 10, pp. 3847–3860.

## **Штыревые форсунки в жидкостных ракетных двигателях**

Мукамбетов Р.Я., Печенина П.А., Васильева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

По ежегодному отчету Федерального управления авиации США, в 2017 году стоимость вывода 1 кг полезных грузов на низкую околоземную орбиту (НОО), высота которой всего 200 км для используемых сегодня РН составляла от 2,7–2,8 тыс. долл. (РН Falcon 9 и Протон-М) до 90 тыс. долл. (РН Pegasus-XL).

Основные направления минимизации удельной стоимости выведения полезного груза вытекают из требований улучшения важнейших энергетических характеристик двигательных установок ТКС — удельного импульса тяги, уменьшения габаритов и массы двигателя при сокращении затрат на разработку, эксплуатацию с условием повышения надежности ракетных систем.

Особый интерес представляет применение так называемых штыревых (ШФ), еще их называют игольчатыми форсунками. Конструкция ШФ может обеспечить высокую полноту сгорания, порядка 96 - 99%, а также позволяет реализовать уникальные рабочие функции, такие как глубокое дросселирование тяги двигателя, что является весьма актуальным в программах освоения Луны и Марса, поскольку посадка ТКС на поверхность сложно реализовать без реактивной тяги двигателя из-за отсутствия или разреженности атмосферы объекта.

Простота конструкции ШФ позволяет снизить затраты на ее изготовление и, как следствие, снизить стоимость изготовления всего двигателя в целом. Помимо этого,

возможность устойчивого глубокого дросселирования тяги двигательной установки с помощью ШФ позволяет возвращать ступени РН и использовать их повторно. Безусловно, это, в свою очередь, приведет к снижению удельной стоимости выведения 1 кг полезного груза в космос. Более того, данный способ сегодня весьма успешно применяется частной космической компанией США SpaceX, что делает их серьезным конкурентом в области космических запусков.

В последние годы было проведено огромное количество исследований ШФ. Исследовано влияние геометрических параметров форсунок, свойств распыляемых компонентов, скоростей их впрыска и массовых расходов на тонкость и углы распыла, на полноту сгорания, на тепловое состояние наконечника центрального тела и др. Также следует отметить, что весь накопленный опыт по созданию ШФ сосредоточен в основном в США, в России и СССР подобных работ довольно мало, а также проделанные работы по проектированию ШФ сосредоточены в основном на использовании двигателей схемы «газ–жидкость» либо «жидкость–жидкость» и ориентированы на относительно невысокие давления и температуры компонентов.

В связи с этим, исходя из современных тенденций развития ракетно-космической отрасли, данное направление весьма актуально и потому требует проведения дополнительных исследований по устойчивости горения в случае применения ШФ, разработке ШФ с максимально возможной полнотой сгорания, не уступающей центробежным форсункам. Также в качестве дальнейших исследований можно отметить проектирование ШФ для высоких давлений, свыше 30 МПа, поскольку данных работ еще не существует.

## Секция №2.3 Технология производства ДЛА

### Получение лопаток моноколес блиска 2 ступени КВД ГТД методом ЭХО

Антонов М.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Асланян И.Р.

МАИ, Москва

Непрерывное совершенствование конструкции газотурбинного двигателя (ГТД) с целью обеспечения большей его тяговой способности требует разработки новых, более совершенных конструктивных материалов и применения для изготовления деталей, входящих в его состав, наиболее прогрессивных, высокотехнологичных и наукоемких технологий.

К основным деталям, определяющим тактико-технические характеристики ГТД и его конкурентоспособность относятся лопатки и диски турбины. Эти же детали оказывают существенное влияние на стоимость двигателя. Поэтому важными факторами является возможность снижения массы этих деталей, как элемента конструкции двигателя, так и элемента производственно-технологического цикла, от заготовки до готовой детали. Снижение конструкторской массы рабочих колес происходит за счет применения моноколес, т.е. получение неразъемных, в большинстве случаев однородных по материалу конструкций «диск-лопатка» (блиски), «кольцо-лопатка» (блинги), что позволяет снизить массу изделия до 25% и повысить коэффициент использования материалов. Точность изготовления блисков компрессора непосредственно влияет на задачи повышения качества ГТД.

В настоящее время технология производства блисков второй ступени КВД основана на том, что лопатки моноколес вырезаются из цельной заготовки.

Одним из способов, позволяющих обеспечить формообразование проточных поверхностей лопаток блисков компрессора от исходной заготовки до требуемых финишных размеров, является электрохимическая обработка (ЭХО).

Именно поэтому комплекс задач, связанный с дальнейшим исследованием, оптимизацией и повышением выходных технологических показателей процесса ЭХО блисков компрессора, изготавливаемых из современных сплавов, является актуальным.

В данной работе предложена технология изготовления лопаток моноколеса блиска второй ступени КВД изделия АИ-222-25 методом ЭХО взамен существующей фрезерной обработки. Разработанная технология позволила сократить производственный цикл изготовления детали, повысить качество поверхности получаемых деталей, достичь высокой скорости удаления материала. Метод ЭХО обеспечивает эффективную обработку труднообрабатываемых материалов, позволяет совместить черновые и чистовые переходы. Также в результате замены фрезерной обработки на ЭХО отсутствует силовое воздействие на деталь, в обрабатываемом материале не происходят металлургические изменения, наклеп, не возникают остаточные напряжения в поверхностном слое. Поверхности после ЭХО либо не требует, либо требует минимальной последующей финишной обработки.

Список используемых источников:

1. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: Учебное пособие для вузов / Ю.С. Елисеев, А.Г. Бойцов, В.В. Крымов, Л.А. Хворостухин. М.: Машиностроение, 2003. 512 с, ил.

2. Кайбышев О.А. Способ изготовления дисков с лопатками типа «блиск» (варианты) и штамп для осуществления способа (RU 2450883) Пат. 2450883 С1 Рос. федерация. 8 с., 1 л. ил.

3. Жеманюк П.Д. Формообразование сложно-профильных поверхностей моноколес высокоскоростным фрезерованием/ П.Д. Жеманюк, В.Ф. Мозговой, А.Я. Качан, В.П. Карась // Газотурбинные технологии, 2003 г. — №5 (26) — С. 1821.

## **Методика исследования фреттинг-изнашивания пар трения ДЛА с твердыми и жидкими смазками**

Астафьев Е.А., Тимофеев Н.С.

Научный руководитель — к.т.н. Николаев И.А.

МАИ, Москва

Дальнейшая разработка перспективных двигателей летательных аппаратов (ДЛА) во многом связана с необходимостью повышения надежности и ресурса их узлов, работающих в условиях трения и изнашивания.

Фреттинг-изнашивание — это одно из распространенных видов изнашивания узлов трения ДЛА, представляющее собой явление износа между двумя поверхностями, имеющими колебательное относительное движение (чаще всего тангенциальное) малой амплитуды. Так в газотурбинных двигателях (ГТД) к таким узлам относятся: замки лопаток вентилятора, бандажные полки лопаток компрессора и турбины, створки сопла, подшипники скольжения, прессовые посадки с натягом и др. Для жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) явление фреттинга характерно для многочисленных пар трения в турбонасосных агрегатах (ТНА), в соединениях трубопроводов, в клапанах, подшипниках, шестернях и др.

Поэтому модификация поверхностей трения в таких узлах или защита их фреттингостойкими жидкими или твердыми смазочными покрытиями (ТСП) позволяет рассчитывать на повышение стойкости к фреттинг-изнашиванию.

В настоящей работе представлена методика исследования фреттинг-изнашивания на примере модельной пары трения шар-плоскость с использованием универсальной машины трения каф. 205.

Эта методика состоит из следующих этапов:

анализ условий работы фреттинг-контакта (среда, геометрия, температура  $T$ , нормальная нагрузка  $P$ , частота  $f$ , амплитуда  $D$ , количество циклов  $N_{ц}$ );

технические требования к контакту со смазкой (жидкой или твердой) —  $P, f, D, N_{ц}$ ;

обоснованный выбор жидкого смазочного материала или разработка конструкции ТСП и выбор методов его формирования;

экспериментальное определение и анализ пятен износа и коэффициентов трения в зависимости от  $N_{ц}$ ;

анализ соответствия смазок техническим требованиям и разработка рекомендаций по их применению.

Работа заканчивается написанием отчета по анализу фреттингостойкости пар трения конкретных материалов с выводами о дальнейшем развитии разработанной методики.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 27674-88 Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. Изд.-во стандартов, 1989. — 19с.

2. Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Николаев И.А., Волосова М.А. Трибология многослойных композиционных твердых смазочных покрытий на сиалоне для использования их в узлах трения ГТД // Вестник УГАТУ. 2022. Т. 26. №. 2 (96). С. 13-23.

### **Обзор и анализ работ по совершенствованию лопаток турбонасосного агрегата в жидкостном ракетном двигателе**

Герасимова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Клименко Д.В.

МАИ, Москва

Требования увеличения энергооборужённости двигательных установок показывает необходимость передачи большого объема энергии без увеличения массы и габаритов исполнительных механизмов, в том числе турбонасосного агрегата (ТНА). Этого можно добиться путем совершенствования лопаток ТНА как в рабочем колесе (РК) центробежного насоса, так и РК турбины.

Цель работы — анализ и обзор публикаций, освещающих проблему совершенствования лопаток ТНА в жидкостном ракетном двигателе (ЖРД).

Одно из решений повышения эффективности насосного оборудования является оптимизация профиля лопатки РК центробежного насоса. Оптимизация происходит за счет максимизации гидравлической эффективности и напора. Несмотря на использование методов гидродинамического моделирования CFD, в статье [1] был приведен альтернативный метод — суррогатное моделирование. В ходе работы был разработан алгоритм процесса оптимизации, основанный на суррогатном моделировании (RSA) и использовании генетического алгоритма сортировки без доминирования (NSGA-II). Данный алгоритм помог добиться увеличения гидравлической эффективности при одновременном увеличении давления по сравнению с исходными значениями.

Другим решением задачи увеличения энергоемкости ТНА предложена возможность создания более высокого напора и повышения эффективности при тех же габаритах, расходе и скорости вращения. [2] Это достигается, заменой пространственной лопатки центробежного рабочего колеса с низкой удельной частотой вращения на цилиндрические. Данная замена упрощает процесс изготовления и повышает технологичность.

Также при разработке центробежных насосов возникает проблема вибраций лопаток РК. Актуальность данной проблемы объясняется тем, что вибрации могут привести к уменьшению производительности и напора, разрушению конструкции. В статье [3] был приведен метод расчета вибраций лопаток РК, нагруженных динамический потоком жидкости с помощью инженерных программ.

Для совершенствования лопаток РК турбин были рассмотрены направления:

На данный момент широко распространенным методом изготовления лопаток рабочего колеса (РК) турбины ТНА является электроэрозионная обработка (ЭЭО), а альтернативным и перспективным методом изготовления — аддитивные технологии. В статье [4] была произведена оценка долговечности лопаток при наличии дефектов, вызванных особенностями изготовления с помощью аддитивных технологий. Результат показал, что с помощью данного метода выполняется оценка минимального числа циклов до разрушения при наличии различных видов дефектов, связанных с особенностями изготовления деталей турбонасосных агрегатов.

В статье [5] рассматривается возможность применения технологии создания монокристаллической структуры материала для изготовления лопаток турбин ТНА. В результате теоретических расчетов возможно увеличение КПД турбины.

Использование новых материалов для изготовления лопаток турбины. В работе [6] проведены исследования стойкости к возгоранию в среде окислительного генераторного газа образцов лопаток рабочего колеса и статора турбины ТНА ЖРД, изготовленных из сплава ЭП648ПС, полученного с использованием технологий селективного лазерного сплавления (СЛС). Также было показано влияние слоя, состоящего из оксидов легирующих металлов, на стойкость к возгоранию сплава.

Список используемых источников:

1. S. Valyukhov, D. Galdin, V. Korotov, V. Rusin and A. Shablovskiy, Profile optimization of the impeller blade of a low-speed centrifugal pump using surrogate modeling, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 779, 2020.

2. A. V. Ratushnyi, A. O. Sokhan, I. A. Kovaliov, A. S. Mandryka and A. S. Ignatiev, Modernization of centrifugal impeller blades, IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series, Volume 1741, 2021.

3. Писарев П.В., Ермаков Д.А., Кирова Ю.С. и др. // Численный расчет вибраций лопаток центробежного насоса, нагруженных потоком жидкости / Научно-технический вестник Поволжья. 2018.

4. Иванов А.В., Рудис М.А. Оценка долговечности лопаток рабочего колеса турбины ТНА при наличии дефектов, вызванных особенностями изготовления. Авиационные двигатели. 2020.

5. Дубынин П. А., Клешина И. А. Использование метода направленной кристаллизации лопаток турбин ТНА Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017.

6. Белов Е.А., Иванов А.В. Исследование стойкости к возгоранию в среде окислительного генераторного газа образцов лопаток рабочего колеса и статора турбины, изготовленных с использованием технологии селективного лазерного сплавления. Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. 2018.

### **Исследование возможности нанесения никель-фосфорных покрытий на детали ДЛА и ЭУ из сплава AlSi10Mg, полученные селективным лазерным сплавлением**

Еремкина М.С., Якубов Д.И.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Асланян И.Р.

МАИ, Москва

В связи с развитием аддитивных технологий и высоким качеством порошков из алюминиевых сплавов, доля деталей двигателей летательных аппаратов и энергоустановок (ДЛА и ЭУ), получаемых методами аддитивных технологий, увеличивается [1]. Широко применяются технологии селективного лазерного сплавления (СЛС) для получения деталей энергоустановок сложной формы с наличием множества внутренних каналов таких, как теплообменные аппараты. Однако, технологии селективного лазерного сплавления имеют ряд особенностей: высокая шероховатость поверхности получаемых деталей, наличие налипших частиц порошка как на внешних, так и на внутренних поверхностях деталей [2]. Часть подобных дефектов можно исключить посредством нанесения покрытий на поверхность деталей [3]. Так как основным преимуществом СЛС является возможность получения деталей сложной геометрической формы, то и среди способов нанесения покрытий следует рассматривать способы, позволяющие наносить покрытия на детали подобного типа. Среди таких способов широко известен способ химического никелирования, который позволяет получать покрытия с высокими физико-химическими свойствами, повышенной твердостью и прочностью, высокой коррозионной стойкостью и износостойкостью.

Целью данной работы является исследование возможности нанесения химических никель-фосфорных покрытий на детали энергоустановок, полученные методом СЛС, из сплава AlSi10Mg.

Для получения химических никелевых покрытий с высокими защитными свойствами и хорошей адгезией, необходимо провести тщательную подготовку поверхности перед их нанесением. Подготовка поверхности включает в себя 4 этапа: травление, осветление, матирование и активация. После активации поверхности на образцы наносили никелевое покрытие химическим способом из щелочного раствора при повышенной температуре 78-88°C. Длительность процесса осаждения покрытий составляла 60, 75, 90 и 120 мин. При времени осаждения свыше 105 минут раствор изменял цвет и становился непригодным для получения качественных покрытий. Об этом свидетельствовало отслоение покрытий на образцах с временем осаждения в 120 минут, их дальнейшее исследование не проводилось. Исследования покрытий, осажденных в течение 60, 75 и 90 минут показали, что Ni-P покрытия равномерно осаждались на всей поверхности исследуемых образцов, разрывов в покрытии не обнаружено. Исследование элементного состава покрытий, показало равномерное распределение химических элементов как по толщине покрытий, так и по поверхности.

В результате исследований было установлено, что несмотря на высокую шероховатость исходной поверхности образцов, после селективного лазерного сплавления, возможно нанесение на их поверхность однородных Ni-P покрытий химическим способом. Для получения равномерных покрытий толщиной порядка 10 мкм длительность процесса осаждения должна составлять 60-75 мин.

Список используемых источников:

1.Л.А. Магеррамова и др. Перспективы применения аддитивных технологий для создания деталей и узлов авиационных газотурбинных двигателей и прямоточных воздушно-реактивных двигателей // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2019. Т.18, №3. С. 81-98.

2.И. Е. Mal'tsev, A. A. Basov, L. N. Lesnevskii, L. V. Denisov, I. A. Nikolaev, M. S. Eremkina. Effect of Electrospark Alloying on the Geometry and Tribological Properties of the Surface of the AlSi10Mg Alloy Produced by Selective Laser Melting. Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2022, No. 12, pp. 1588–1595, ISSN 0036-0295.

3.И. Р. Асланян, М. С. Еремкина, Д. А. Замышляев, И. Е. Мальцев. Разработка способа очистки поверхности деталей, полученных аддитивными методами. Электрометаллургия. — 2022. — № 12. — С. 30-36. — DOI 10.31044/1684-5781-2022-0-12-30-36.

## **Перспективы применения технологии зубохонингования для изготовления зубчатых колес ГТД**

Кучерявенко А.Д.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Асланян И.Р.

МАИ, Москва

В настоящее время технология изготовления зубчатых колес ГТД на авиадвигателестроительных предприятиях состоит из следующих операций: зубофрезерование, зубодолбление как основные, зубошлифование, зубошвингование, зубополирование как финишные. Самое широкое распространение получило зубошлифование. Согласно исследованию в авиационных двигателях около 85 % зубчатых колес выходят из строя из-за контактных разрушений [1]. Контактные разрушения в большей мере обусловлены возникновением остаточных растягивающих напряжений после шлифования, поэтому после каждой операции зубошлифования необходимо травление для обнаружения прижогов.

Технология зубохонингования является финишной обработкой закаленных зубьев цилиндрических зубчатых колес. Режущим инструментом является зубчатый хон, который содержит в качестве режущих элементов абразивный материал. Хон устанавливается под углом к оси детали, деталь и хон вращаются с поперечной подачей. Съем при такой обработке небольшой (в пределах 0,01—0,015 мм), что позволяет сохранить полученную толщину цементированного слоя.

В настоящее время зубохонингование на российских предприятиях авиационной промышленности не получила широкого распространения из-за дороговизны оборудования, но внедрение данной технологии может позволить повысить эксплуатационные качества шестерен. Таким образом, внедрение такой технологии является по-прежнему актуальным для развивающегося рынка гражданских авиадвигателей отечественного производства.

В данной работе рассмотрены перспективы применения технологии зубохонингования для изготовления зубчатых колес ГТД.

Исследования, проведенные в работе [2] показали, что долговечность зубчатых передач непосредственно связана с толщиной масляной пленки, а также зависит от шероховатости поверхности зубьев. Рабочая поверхность зубьев с шероховатостью  $Ra=0,07$  мкм не имеет повреждений микропиттингом к концу испытаний на износостойкость и выносливость, тогда как рабочая поверхность зубьев с шероховатостью  $Ra=0,44$  мкм приводит к 79 % повреждений микропиттингом. Таким образом, зубохонингование может обеспечить повышение долговечности при шероховатости рабочих поверхностей зубьев до  $Ra=0,1$  мкм.[3]

Авторы работы [3] показали, что остаточные сжимающие напряжения могут значительно улучшить эксплуатационные характеристики и срок службы зубчатого колеса. В работах [2] и [3] представлены следующие результаты: остаточные сжимающие напряжения могут достигать — 1200 МПа до глубины 90 мкм [4], и до — 1600 МПа на

глубину 120 мкм [3]. Это обусловлено тем, что в процессе хонингования преобладают механические процессы, а не термические, тем самым отсутствует термическое разрушение поверхности зуба.

Проведенный анализ показал, что технология зубохонингования является перспективной для применения в технологическом процессе изготовления зубчатых колес ГТД. В ходе хонингования закаленных зубчатых колес происходит улучшение микрогеометрии боковых поверхностей зубьев, удаление с рабочих поверхностей заборин, заусенцев и следов окалины, а также исправление некоторых параметров зубчатых венцов, ухудшившихся при термообработке.

Список используемых источников:

1. Авиационные зубчатые передачи и редукторы: [Справочник] // В. И. Алексеев, В. М. Ананьев, М. М. Булыгина [и др.]; под ред. Э.Б. Вулгакова. — М.: Машиностроение. — 1981. — 374 с.
2. G. Blake and J. Reynolds Case Study Involving Surface Durability and Improved Surface Finish. // Gear technology: электронный журнал. — 2012. — URL: <https://www.geartechology.com/ext/resources/issues/0812x/blake.pdf>
3. Lupas Rares, Beju Livia Dana, Aspects of the Internal Gear Honing Process 2018 «Lucian Blaga» University of Sibiu
4. А.С. Калашников Ю.А. Моргун, П.А. Калашников Чистовая обработка зубьев хонингованием 2012.

### **Разработка электронного макета изделия на примере авиационного двигателя АИ-222-25**

Мещеряков В.Ю., Дубровин Е.А.

АО «ОДК», Москва

Разработка современных авиационных двигателей не является возможной без применения десятков прорывных программных решений, направленных на упрощение и ускорение процесса разработки, а также оптимизацию рабочих процессов как конструкторов, так и технологов на производстве. Такие программные комплексы, как CML-Bench, Ansys, Siemens NX, T-FLEX, позволяют конструкторам провести широкий спектр тепловых, механических и газодинамических расчетов задолго до воплощения узлов разрабатываемого перспективного изделия «в металле», а технологам, в свою очередь, своевременно разработать оснастку и специальные приспособления для последующего изготовления опытной материальной части.

Совместное и параллельное использование таких программных комплексов, направленных на кардинально разные задачи, позволяет создавать максимально точные цифровые копии существующих и разрабатываемых изделий, называемые «цифровыми двойниками». Значительный объем работ по созданию «двойника» занимает создание его геометрической основы — «электронного макета» двигателя.

Электронный макет представляет собой максимально точную и цельную цифровую копию реального изделия, выполненную с использованием номинальных габаритных и сборочных размеров, и повторяющую структуру составных частей изделия — порядок сборки, количество компонентов, их последующая деформация и т.д.

В данном докладе представлена структура процесса разработки электронного макета на примере серийного двигателя АИ-222-25, производящегося в производственном комплексе «Салют» АО «ОДК», обозначены особенности процесса разработки электронного макета и преимущества его создания, приведены примеры реального применения электронного макета в производстве, а также представлены иллюстрации, сравнивающие внешний вид электронного макета с выставочным макетом двигателя и демонстрирующие высокую степень их сходства.

## **Направленная ультразвуковая очистка внутренних поверхностей деталей двигателей летательных аппаратов с развитыми полостями, изготовленных методами аддитивных технологий**

Пожидаев А.А., Мякинин М.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Козинер Ю.Д.  
МАИ, Москва

Современное развитие методов аддитивной технологии позволяет изготавливать сложные детали и узлы для авиационной и ракетной техники с развитой системой внутренних каналов и полостей. Особенностью деталей, полученных методом селективного лазерного спекания, является наличие на их внешних и внутренних поверхностях слабоспеченных частиц порошка, которые снижают эксплуатационные характеристики, а в ряде случаев исключают применение. Решение проблемы очистки готовых изделий, полученных методом селективного лазерного плавления (СЛП), приобретает наибольшую актуальность для изделий с недоступными разветвленными внутренними полостями (например, каналы охлаждения сопел жидкостных ракетных двигателей и рабочие полости различных теплообменных устройств систем обеспечения теплового режима космических аппаратов). Разработка технологических методов удаления частиц и остаточных загрязнений с поверхностей деталей и узлов, полученных методом аддитивной технологии, позволила бы значительно расширить область применения агрегатов и узлов.

Целью настоящего исследования являлось установление эффекта интенсификации процесса удаления частиц порошка алюминиевого сплава, слабоспеченных с основным материалом агрегата, со внутренних поверхностей при одновременном воздействии ультразвуковых колебаний и травильного раствора гидроксида калия КОН. В ходе выполнения работы была спроектирована экспериментальная установка на базе ультразвукового генератора и излучателя с рабочей частотой 22 кГц и амплитудой колебаний концентратора 12 мкм и предложен метод высокоинтенсивной направленной ультразвуковой очистки. При анализе экспериментальных результатов были найдены зависимости скорости травления материала теплообменника (удаления слабодержащихся частиц порошка) от концентрации применяемого раствора и наличия ультразвуковых колебаний. Установлено, что кавитационные пузыри, возникающие в потоке жидкости при наложении ультразвуковых колебаний, влияют на интенсивность очистки, а применение комбинации УЗ колебаний и травильного раствора КОН не приводит к изменению геометрии стенок теплообменника и их шероховатости.

Список используемых источников:

1. Yap C. Y., Chua C. K., Dong Z. L., Liu Z. H. et al. Review of selective laser melting: Materials and applications // Applied physics reviews. 2015. Vol. 2, No. 4. P. 041101.

2. Fuchs F. J. Ultrasonic cleaning and washing of surfaces // Power ultrasonics. Woodhead Publishing. 2015. P. 577-609.

3. Мальцев И. Е., Басов А. А., Замышляев Д. А., Лесневский Л. Н. и др. Анализ результатов комплексных испытаний экспериментального теплообменника космического назначения, изготовленного методом селективного лазерного плавления // Электротехнология. 2021. № 6. С. 33-40.

4. Галиновский А. Л., Голубев Е. С., Коберник Н. В., Филимонов А. С. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники. — М.: Юрайт, 2020. — 116 с.

## **Разработка технологического процесса ремонта рабочих лопаток турбины ГТД с помощью сильноточных импульсных электронных пучков**

Родионов Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Быценко О.А.

МАИ, Москва

Наиболее важными эксплуатационными характеристиками лопаток газотурбинного двигателя (ГТД) являются: усталостная прочность, количественно описываемая пределом выносливости; термостойкость; устойчивость к эрозии и солевой коррозии в условиях

термоциклирования и т.д. Именно эти эксплуатационные характеристики чаще всего определяют срок службы всего изделия. Поскольку при любом виде коррозии эрозийного и усталостного нагружения максимальные нагрузки развиваются непосредственно на поверхности, именно в приповерхностных слоях зарождаются усталостные трещины и начальная стадия их роста происходит по различным механизмам [1- 3].

Это подразумевает один из основных принципов разработки новых технологических процессов, направленных на повышение усталостной прочности, термостойкости, эрозийной и коррозионной стойкости любой детали — модификацию поверхности, приводящую к образованию уникальных по свойствам покрытий, остаточных напряжений сжатия и повышению однородности физико-химического состояния материала в поверхностном слое.

В данной работе на основе накопленного опыта разработки технологических процессов модификации и ремонта поверхностных слоёв с использованием сильноточных импульсных электронных пучков (СИЭП) рассмотрены пути оптимизации технологических процессов ремонта турбинных лопаток I ступени ГТД.

В качестве объектов исследования были выбраны турбинные лопатки I-й ступени различных модификаций двигателя РД-33 после эксплуатации.

Материал лопаток — жаропрочный никелевый сплав ЖС32-моно, на внешнюю поверхность нанесено ионно-плазменное конденсированное многокомпонентное покрытие ВСДП9+ВСДП18.

Лопатки вышли из эксплуатации с повреждённым покрытием и подлежат ремонту в соответствии с нормативной документацией. На основании ранее полученных результатов исследования были установлены режимы облучения [1, 4, 5].

Облучение вышеуказанных лопаток осуществлялось в соответствии со следующим режимом (в 4 положениях):

- Плотность энергии  $W=45...50$  Дж/см<sup>2</sup>;
- Количество импульсов = 10 импульсов.

Облучение проводилось последовательно с четырёх сторон лопатки.

В рамках исследования была изучена микроструктура наружного покрытия, размер покрытия и модифицированный слой были исследованы с помощью металлографического анализа методом оптической микроскопии при увеличении в диапазоне от 100 до 500 крат.

На основании проведенных исследований было установлено следующее:

1. В процессе облучения лопаток I ступени по режиму: плотность энергии  $W = 45\div 50$  Дж/см<sup>2</sup>; количество импульсов = 10 (в 4 положениях) происходит процесс удаления внешнего покрытия.

2. На входной кромке и остальной поверхности этот процесс происходит более интенсивно: до ~12-25 мкм (входной край), ~ 11-30 мкм (оставшаяся поверхность), ~3-5 мкм (выходной край).

3. После облучения поверхность пера лопатки становится менее шероховатой во всех исследуемых точках, отсутствует эксплуатационный налет.

4. После облучения наблюдаются трещины по всему периметру поверхности в пределах оставшегося покрытия.

5. После облучения на поверхности остается модифицированный слой, который составляет ~6-8 мкм — на входной кромке, до ~3-4 мкм на выходной кромке и остальной поверхности.

## **Оптимизация режимов обработки лазерным ударным упрочнением заготовок из алюминиевого сплава Д16 с помощью численного моделирования**

Ролдугин К.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ионов А.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день авиадвигателестроение является одной из наиболее важных стратегических отраслей, которая обеспечивает высокий уровень технологического развития нашей страны. В связи с внедрением новых высокоэффективных технологических процессов, систем автоматизированного проектирования и производства требования к надежности и ресурсу авиационного двигателя продолжают возрастать.

Стоимость ремонта и эксплуатации большинства двигателей в течении всего жизненного цикла изделия выше стоимости изготовления новых, именно поэтому время безотказной работы технического устройства должна быть такой, чтобы затраты на эксплуатацию не превышали затрат на изготовление.

Но эксплуатация, как авиационных двигателей, так и летательных аппаратов, в сложных климатических условиях, таких как: повышенная запыленность, влажность, пониженные температуры, дождь и др. могут привести к поломке деталей и уменьшению их ресурса и надежности.

Таким образом, одной из основных задач разработчиков новых авиационных двигателей является повышение долговечности и надежности работы их деталей и узлов и всего двигателя в целом.

В настоящее время для решения проблем усталостной прочности активно применяются методы, в основе которых лежит создание остаточных напряжений в поверхностных слоях деталей. На сегодняшний день наиболее эффективным методом поверхностного упрочнения деталей является лазерное ударное упрочнение. Одно из главных его преимуществ — это глубина создаваемых остаточных напряжений, которая превосходит значения полученные при использовании других методов.

При этом процесс лазерного ударного упрочнения является сложным с точки зрения подбора режимов и выстраивания стратегии обработки. Наиболее распространенным методом оптимизации режимов и выбора стратегии обработки является численное моделирование технологических процессов. С помощью полученных в ходе аналитических расчетов моделей можно оптимизировать конечное напряженно-деформированное состояние (НДС) детали с точки зрения оптимального показателя усталостной прочности.

Прямое моделирование процесса лазерного ударного упрочнения алюминиевого сплава «Д16» заключалось в предварительном аналитическом расчете распространения плазмы в ограниченном канале, для определения величины давления и распределения давления по пятну. Так как процесс является быстропротекающим, то в качестве модели поведения материала использовалась модель Johnson-Cook. Далее используя граничные условия, полученные из аналитических расчетов, проводился конечно-элементный анализ в связке ПК Ansys — LS-Dyna, по результатам которого было получено НДС детали.

По результатам конечно-элементного анализа было оценено влияние изменения энергии и длительности импульса на величину и глубину залегания остаточных напряжений и деформаций, а также определены оптимальные режимы обработки заготовок.

Список используемых источников:

1. Сулима А.М. Основы технологии производства газотурбинных двигателей. Учебник для студентов авиац. спец. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1996 г. — 480с.
2. Fabbro R. et al. Physical study of laser-produced plasma in confined geometry //Journal of applied physics. — 1990. — Т. 68. — №. 2. — С. 775–784.

## **Анализ результатов исследования процесса фреттинг-изнашивания пар трения со смазкой маслами различной вязкости**

Тимофеев Н.С., Астафьев Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лесневский Л.Н.

МАИ, Москва

Известно, что большинство контактов трения в изделиях машиностроения, в том числе системе летательный аппарат — двигатель, используются смазки. Согласно [1], улучшение летно-технических характеристик летательных аппаратов и повышение эксплуатационной надёжности авиационных силовых установок являются особо важными в современных условиях и зависят от качества смазочных материалов, их способности повышать износостойкость многочисленных контактов трения.

От противоизносных свойств смазочных масел зависит ресурс работы большинства смазочных контактов трения, подверженных изнашиванию различного вида. Фреттинг-изнашивание, согласно [2], это механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях, является одним из распространённых, но недостаточно изученных видов изнашивания, которые служат причиной катастрофических отказов при потере функциональности узлов трения.

Этот вид изнашивания изучен недостаточно полно, особенно в условиях использования жидких и пластических смазок. При высоких нагрузках и малых скоростях, что свойственно явлению фреттинга, можно предположить, что вязкость перестаёт быть фактором, обеспечивающим эффективность смазки [3]. Поэтому в настоящей работе проведено сравнение фреттингостойкости в модельном контакте трения шар-плоскость использованием авиационных масел: ИПМ-10 с кинематической вязкостью при температуре 100 °С равной 3 мм<sup>2</sup>/с и МС-20 с кинематической вязкостью при 100 °С равной 20,5 мм<sup>2</sup>/с.

Исследование проводилось на специализированной машине трения в паре ШХ-15 (шар) и плоскость (сплав АК4-1) при следующих параметрах нагружения: нормальная нагрузка  $F_n = 10\text{Н}$ , частота  $\nu = 20$  Гц, количество циклов  $N_c = 100000$ . Среда трения: атмосфера лаборатории, масло МС-20 и ИПМ-10.

Проведённое сравнение полученных пятен износа (объём износа, площадь пятна и глубина износа) и измерения коэффициентов трения в зависимости от числа циклов фреттинга, позволили установить, что в условиях фреттинга критерием эффективности смазывающего материала становится его смазывающая способность, то есть сопротивление, которое оказывает смазочная плёнка, разделяющая трущиеся поверхности при заданной нагрузке. Показало, что смазка с повышенной вязкостью (МС-20) в большей степени сопротивляется выдавливанию из контакта трения, чем более жидкая смазка (ИПМ-10), и более эффективно предохраняет трущиеся поверхности от фреттинг-износа.

Список используемых источников:

1. Инженерные основы авиационной химмотологии // Казань: Изд-во Казан. ун-та., 2005. — 714 с.
2. ГОСТ 27674-88 Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения, Изд-во стандарты, 1989. -19 с.
3. Shima M et al. On behaviour of an oil lubricated fretting contact // Wear, 1997. V. 210, № 1-2. Pp. 304-310.

## **Влияние типов абляционных покрытий на характеристики поверхностного слоя алюминиевого сплава Д16 при обработке методом лазерного ударного упрочнения**

Токачев Д.А., Королев Д.Д., Кожевников Г.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Ляховецкий М.А.

МАИ, Москва

Одним из наиболее распространенных материалов в авиационном машиностроении является алюминиевые сплавы, которые используются для изготовления конструктивных элементов летательных аппаратов (лонжероны, шпангоуты, стрингеры, нервюры и обшивка), и

элементов блока управления, отдельных узлов авиадвигателей. В силу специфики работы авиационной техники, в процессе эксплуатации детали подвержены воздействию знакопеременных нагрузок в совокупности с другими эксплуатационными факторами: износ, коррозия, воздействие высокой температуры и т.д. Под действием таких нагрузок возникают различные повреждения в поверхностном слое детали, в результате происходит образование усталостных трещин, которые приводят к разрушению деталей. Для повышения ресурса деталей используют различные методы модификации поверхности, например, обработка дробью, ультразвуковая обработка, ионная имплантация и т. д. Стоит отметить, что данные методы имеют ряд недостатков: химическое взаимодействие с поверхностью, невысокая глубина залегания остаточных напряжений, повышенная шероховатость поверхности после обработки.

Альтернативным методом изменения характеристик поверхностного слоя является лазерное ударное упрочнение. Сущность процесса обработки заключается в воздействии лазерного импульса наносекундной длительности (10-50 нс), под действием которого происходит абляция защитного покрытия с образованием плазмы. В результате этого процесса возникает ударная волна, действующая на поверхность детали, создавая в поверхностном слое направленные вглубь упругопластические волны. Под действием пластической деформации происходит изменение микротвердости, макрорельефа поверхности и образование остаточных напряжений.

В данной работе исследовалось влияние типа абляционного покрытия, энергии и диаметра пятна лазерного излучения, на рельеф и твердость поверхностного слоя. Эксперименты проводились на лабораторной установке лазерного ударного упрочнения. Для измерения профиля деформаций использовался интерференционный микроскоп Olympus LEXT OLS-5000. Микротвердость по Виккерсу (HV) измерялась с помощью микротвердомера ПМТ-3М.

В результате проведённых исследований были получены зависимости максимальных деформаций, диаметра деформационного пятна и микротвердости от плотности мощности. Были построены профили деформаций пятен и распределение твёрдости в зависимости от радиуса для разных энергий лазерного излучения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0006.

Список используемых источников:

1. Zhang H. et al. Fatigue crack growth in residual stress fields of laser shock peened Ti6Al4V titanium alloy // *Journal of Alloys and Compounds*. — 2021. — Т. 887. — С. 161427.
2. Bai Y. et al. Life cycle strengthening of high-strength steels by nanosecond laser shock // *Applied Surface Science*. — 2021. — С. 151118.
3. М.А. Ляховецкий, М.В. Волков, И. С. Сарбучев, Г.Г. Ширваньянц. Сравнительное исследование остаточных напряжений на титановом сплаве ВТ6, обработанном методами лазерного ударного упрочнения и дробеструйной обработки. Международная научно-техническая конференция по авиационным двигателям ICAM 2020: сборник тезисов / Государственный научный центр РФ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова». — М. : ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2020. С. 570-572.

## **Методы обработки моноколёс газотурбинных двигателей на ЧПУ станках с разработкой управляющих программ**

Трапицын Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ионов А.В.

МАИ, Москва

Блиски (от английского blisk (bladed disk)) являются основными элементами газотурбинных двигателей, их задача заключается в создании параметров воздушного потока. Блиск или моноколесо представляет собой комбинацию лопаток и диска. Диски, изготовленные заодно с лопатками, устраняют необходимость в отдельном креплении

лопаток, что приводит к снижению веса, топлива, повышению эффективности и надежности двигателя. Моноколеса имеют сложную геометрию пера лопатки, которая требует точного изготовления. Блиски как правило изготавливаются из титановых и никелевых сплавов, которые имеют высокую прочность и термостойкость, что делает процесс обработки еще более сложным по сравнению с алюминиевыми сплавами.

В настоящее время существуют различные методы производства блисков, такие как: гидроабразивная обработка, электроэрозионная обработка, электрохимическая обработка, аддитивное производство. Однако каждый из этих методов имеют свои достоинства и свои недостатки. Например, длительное время обработки, долгую переналадку, ограниченную точность и высокую стоимость. Именно поэтому все чаще в производстве используется метод фрезеровки с ЧПУ (числовое программное управление), поскольку этому методу присуще повышенная точность и быстрая переналадка. Еще одним неоспоримым преимуществом фрезеровки с ЧПУ является ее универсальность, это доказывает ее применение в другой сфере производства, такой как аддитивное производство. Например, изделия сложной формы можно изготовить аддитивным методом, который приобрел популярность в последнее время благодаря своей способности быстро изготавливать сложные детали с различной геометрией. Данный метод заключается в послойном наращивании материала, однако, приводит к высокой шероховатости и наличию поддержек, а также других дефектов. Для последующей обработки этих деталей можно использовать механическую обработку с ЧПУ, гарантирующую соответствие деталей геометрическим требованиям.

Одним из ключевых вопросов остается создание управляющих программ для станков с ПУ. Программы ЧПУ разрабатываются с использованием программного обеспечения САМ (Computer-Aided Manufacturing), которое позволяет создавать сложные траектории движения инструмента и эффективные стратегии фрезеровки.

Можно сделать вывод о том, что процессы обработки с ЧПУ блисков газотурбинных двигателей связаны с постоянным развитием технологий и повышением требований к качеству и точности производства. Использование технологии обработки с ЧПУ обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами обработки, включая высокую точность, эффективность и повторяемость, что необходимо для изготовления блисков и других сложных деталей. Разработка программ ЧПУ в САМ — программах упрощает процесс программирования и обеспечивает большую согласованность в производственном процессе, а оптимизация данных программ может сократить время производства, улучшить качество готового продукта и повысить производительность. Актуальность технологии обработки с ЧПУ для производства блисков широко признана в различных отраслях промышленности, и ожидается, что в будущем ее использование будет продолжать расширяться.

Список используемых источников:

1. Горелов В.А., Аршинов С.В., Максимов Ю.В., Пини Б.Е., Бекаев А.А., Мерзликин В.Г., Второва А.Ю. К вопросу выбора технологии обработки сложнопрофильных изделий (на примере лопаток моноколес газотурбинных двигателей) // Известия МГТУ «МАМИ». — 2012. — Т. 6. — №2-2. — С. 67-73. doi: 10.17816/2074-0530-68423
2. А. Я. Качан, С. А. Петров, В. А. Панасенко, С. В. Мозговой, Г. В. Карась Технология обработки моноколес высокоскоротным фрезерованием // Вестник двигателестроения №1/2006

## **Применение машинного обучения для решения задачи определения механических и теплофизических свойств материалов используемых при разработке деталей энергетических установок**

Шилов М.С., Полетаев А.О., Гритчин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

МАИ, Москва

Наш век является свидетелем эволюции вычислительного материаловедения от инструмента, в основном интерпретирующего, к инструменту прогнозирования или изобретения [3]. Этот прогресс оказывает прямое влияние на промышленность: становится возможным сформулировать макроскопические свойства, желаемые для данной задачи, и использовать компьютеры для прогнозирования ряда многообещающих материалов-кандидатов с такими свойствами, которые могут быть испытаны в лаборатории. Это не только значительно ускоряет темпы открытия материалов, но и обещает привести к появлению материалов с беспрецедентными свойствами. Среди путей, по которым могут идти усилия по открытию материалов, часто встречается так называемое высокопроизводительное вычислительное проектирование материалов. Этот подход обычно направлен на выделение лучших кандидатов из множества материалов ( $10^4$ – $10^6$ ) [1], содержащихся в базах данных (этот подход также известен как «интеллектуальный анализ данных») или не содержащихся, а полученных путём перебора случайно смоделированных структур.

Эволюционные алгоритмы и различные модели машинного обучения с 2006 года постепенно стали широко используемым инструментом для предсказания атомной структуры твердых тел, их свойств и различных низкоразмерных объектов. Поскольку структура материала определяет его свойства и функции, предсказание структуры открывает путь к вычислительному открытию материалов. Уже сейчас многие классы материалов могут быть обнаружены и оптимизированы с использованием существующих вычислительных методов. Со временем станет возможным создание других типов материалов, которые даже достигнут уровня сложности белков [2].

Список используемых источников:

1. Oganov A.R., Saleh G., Kvashnin A.G. (Editors). Computational Materials Discovery. Royal Society of Chemistry. ISBN: 978-1-78262-961-0. 2018;
2. А.Г. Квашин. Компьютерный дизайн новых функциональных и конструкционных материалов с заданными физико-химическими свойствами для целенаправленного синтеза. 2020;
3. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 452с.: ил.;

## Секция №2.4 Испытания и сертификация ДЛА

---

### Перспективные задачи по усовершенствованию испытательной базы с учётом новых типов двигателей

Архицкая К.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Монахова В.П.

МАИ, Москва

Современные ученые исследуют способы по снижению экологического ущерба от деятельности авиации. Один из вариантов по решению данной проблемы — это создание гибридных и электрических двигателей. [1] Работа направлена на исследование развития и усовершенствования испытательной базы с учётом новых типов двигателей.

Концепция применения «Электрического» ЛА предполагает применение электрической энергии во всех системах ЛА и двигателя. Электрификация летательных аппаратов является одним из наиболее перспективных направлений в развитии авиационной техники. Замена на самолётах гидравлических и пневматических систем на электрические, улучшает показатели надёжности, упрощает и удешевляет обслуживание, а также способствует уменьшению массы и габаритов. Конструкция представляет собой газотурбинный двигатель, объединённый с электрическим двигателем в одно целое. [2]

В «Электрических» самолётах применяют распределённые силовые установки, которые содержат генератор мощности и несколько вентиляторов. В таких схемах применяют гибридные ГТД — двигатели, в которых помимо мощности, создаваемой турбиной, для вращения роторов используется мощность от электромотора. Электромотор питается от электрогенератора или внешних источников электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов). [3]

Количество и объём сертификационных испытаний современных авиационных двигателей составляет порядка 40 видов и проведение этих испытаний может занимать 1-2 года, несмотря на то, что в процессе создания отдельных узлов и подсистем также проводятся испытания в режиме требований заводских сертификационных испытаний. [4]

Электродвигатели занимают одну из ведущих ролей в развитии современной авиации, следовательно, необходимо увеличивать их численность на ЛА. Для «электрического» ГТД необходимо усовершенствование испытательной базы, а именно внедрение в неё установок для испытаний электромоторов, электропроводок, электрогенераторов или других источников энергии.

Список используемых источников:

1. Emma Frosina et al. “Modelling of a Hybrid-Electric Light Aircraft”. In: Energy Procedia 126 (2017), pp. 1155–1162.
2. Волокитина Е.В., Власов А.И., Копчак А.Л., Москвин Е.В., Тебеньков Ф.Г. Разработка высокоскоростного электропривода компрессора системы кондиционирования воздуха самолета // Электроника и электрооборудование транспорта — 2013. — №3 — С. 34-39.
3. Гуревич О.С., Белкин Ю.С., Гулиенко А.И. Особенности построения системы топливопитания ГТД с электроприводными насосами. // Конверсия в машиностроении, № 4-5, 2005.
5. В.А. Афанасьев, М.М. Жигунов, А.И. Ланшин, В.П. Монахова, О.В. Тушавина Экспериментальная обработка и сертификационные испытания авиационных двигателей: Учебник / Под общей редакцией А.И. Ланшина и В.А. Афанасьева. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 456 с.: ил.

## Определение характеристик элементов конструкции градуировочного стенда

Версин А.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

Известно, что в процессе экспериментальной отработки компрессоров газотурбинных двигателей (ГТД) измерение скорости газового потока по тракту двигателя осуществляется, в основном, приёмниками статического и полного давления [1]. Такие средства измерения скорости газового потока получили название «гребенки». Конструкции гребенок как измерительного средства, разрабатываются индивидуально для каждого нового авиационного двигателя, что в свою очередь требует обязательной их градуировки.

В представленной работе приводятся результаты проведённых расчётов по разработке и созданию стенда для градуировки приёмников полного и статического давлений и предлагается методика проведения первичной аттестации данного стенда.

Основными требованиями для проведения процедуры градуировки гребенок являются [2]:

- Погрешность определения относительной скорости газового потока  $\lambda$  должна составлять  $\pm 0,02\%$ ;

- Давления в пневмолиниях исследуемых гребенок определяются с погрешностью не более  $\pm 0,3\%$  от измеренного значения;

- Линейные и угловые значения приемных отверстий исследуемых гребенок должны определяться с погрешностью не более  $\pm 1$  мм и  $\pm 0,5^\circ$  соответственно.

При разработке элементов конструкции градуировочного стенда были проведены следующие научно-последовательные работы:

- В качестве источника сжатого воздуха была выбрана компрессорная станция на базе двух компрессоров с общим расходом воздуха до 6 кг/с, давлением до 4 кг/см<sup>2</sup> и температурой воздуха до 80 °С, что позволило получать на срезе сопла от 0,3 до 1,00 значения относительной скорости газа;

- При расчете профиля дозвукового сопла с использованием формулы Витошинского [3] и учтенных результатов исследований проведенных в работе [4] был получен профиль сопла позволяющий получить газовую струю с заданными параметрами.

- Проведенный математический расчет профиля скорости по радиусу газовой струи на срезе [5] подтвердил правильность полученного реального профиля сужающегося сопла.

Во всех конструкциях градуировочных стендов одним из важнейших элементов конструкции является координатное устройство (КУ) обеспечивающее точность измерений угловых и линейных перемещений приемных отверстий «гребенок» при их позиционировании в эталонном газовом потоке. В настоящей работе предлагается система позиционирования «гребенок» — далее координатное устройство, разработанное в Московском авиационном институте для использования на градуировочных стенде [6].

На этапе концептуального проектирования было принято решение использовать порталную качающуюся схему координатного устройства. Объект исследования — гребенка крепится сверху и вращается вокруг своей оси. Применение данной конструкции позволяло исключить создание существенных возмущений, завихрений и отрывов в модельном газовом потоке от конструкции КУ.

Для определения структуры и основных параметров струи и влияния портала на поток в работе было проведено трёхмерное численное моделирование в пакетах прикладных программ гидрогазодинамики ANSYS CFX с учётом влияния на поток всех основных конструктивных элементов АТ: ресивера, сопла, рабочей камеры и КУ.

Для подтверждения метрологических характеристик градуировочного стенда, необходимо провести аттестацию на эталон единицы величины.

Основными операциями методики аттестации градуировочного стенда будет являться:

- Определения коэффициента поля стенда;
- Оценка абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока;
- Оценка абсолютной погрешности позиционирования объекта в воздушном потоке.

Список используемых источников:

1. В.А. Афанасьев, М.М. Жигунов, А.И. Ланшин, В.П. Монахова, О.В. Тушавина. Экспериментальная отработка и сертификационные испытания авиационных двигателей // Учебник под общей редакцией А.И. Ланшина и В.А. Афанасьева, М, Из-во МАИ, 2021, с. 456.
2. Афанасьев В. А., Монахова В. П., Мухина С. Д., Версин А. А., Назырова О. Р., Болховитин М. С. // Разработка экспериментальных средств для градуировки приемников давлений. Труды МАИ. 2017. №95.
3. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. 3-е издание, переработано — Москва. Энергия: 1974. — 592с.: иллюстрации Библиогр: с 583-589.
4. Виноградов. Л.В., Лотфулин Ш.Р. Исследование геометрических параметров сопла с контуром Витошинского//Вестник РУДН, сер. Инженерные исследования, 2004, №2 (9)

## **Обзор и анализ нормативной документации, регламентирующей поверку и калибровку средств измерений в РФ**

Виноградова С.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Монахова В.П.

МАИ, Москва

В наше время практическая деятельность, связанная с измерениями, представляет особенную значимость. Ведь практически нет ни одной сферы деятельности человека, где не применяются результаты измерений. Сейчас можно отметить 2 главные функции измерений в процессе производства продукции: а) измерения, с помощью которых осуществляется контроль и регулирование технологических процессов; б) измерения свойств и состава веществ, технических параметров и физических величин при проведении научных испытаний. От качества проведенных измерений зависит результативность реализации вышеперечисленных функций. Одним из важнейших условий обеспечения единства измерений является применение только пригодных к использованию средств измерений. Особенное интерес следует выделить каприз замеров, присутствие коем станет соблюдаться следующее: а) их итоги проявлены в разрешенных к использованию в Русской Федерации единицах величин; буква) характеристики правильности замеров никак не уходят из-за определенные пределы.

Активное формирование экономики невозможно при отсутствии роста конкурентоспособности продуктов и услуг, равно как в внутреннем, так и на внешнем рынке. в нынешних обстоятельствах Ориентация только на ценовую конкуренцию уже не гарантирует успеха. Во всех странах мира качество стало определяющим критерием выбора для потребителей. Высокое качество продукции напрямую зависит от качества измерений. Между ними, очевидно, наблюдается прямая взаимосвязь: если качество измерений не соответствует установленным требованиям технологического процесса, невозможно достичь должного уровня качества продукции. По этой причине обеспечение качества существенно зависит от успешного решения вопросов, связанных с точностью измерений и поддержанием установленных технологических режимов. Иными словами, результаты измерений параметров технологических процессов помогают осуществить технический контроль качества.

Таким образом, качество измерений — это комплекс свойств состояния измерений, обеспечивающих результаты измерений с требуемыми параметрами, получаемыми в определенном виде в течение конкретного промежутка времени.

Специалисты должны быть уверены, что используют средства измерения, которые исправны и отражают верные показания. Для подтверждения исправности прибора, его необходимо сравнить с соответствующим эталоном, то есть провести поверку или калибровку.

В производстве поверка средств измерений играет одну из основных ролей. Предприятие, производящее какую-либо продукцию, заинтересовано в выпуске годных изделий. Это позволяет оставаться ему конкурентоспособным и способствует его

экономическому росту. Конкурентоспособность формирует спрос, который в свою очередь формирует прибыль организации, что и является причиной её существования. Для обеспечения качества продукции, предприятию необходимо проверять изделия, товары на соответствие установленным требованиям. Поэтому, точность средств измерений занимает важное место на любом предприятии.

Список используемых источников:

1. ФЗ № 102 «Об обеспечении единства средств измерений» от 02.06.2008 г.
2. ГОСТ Р 8.973-2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Национальные стандарты на методики поверки. Общие требования к содержанию и оформлению»
3. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению»
4. ПР 50.2.017-95 «ГСИ. Положение о Российской системе калибровки»

## **Цифровизация в метрологическом обеспечении испытаний**

Волков М.И.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

В условиях непрерывно развивающегося научно-технического прогресса и потребности в конкурентоспособной авиационной технике, будет расти потребность и в измерительно-вычислительных операциях. Методы и средства измерений продолжают совершенствоваться и автоматизироваться. Целью данной работы является совершенствование метрологического обеспечения в условиях цифровизации и автоматизации испытаний изделий авиационной техники. Разработка и внедрение платформы цифровой метрологии позволяет автоматизировать как процесс измерений, так и бизнес процессы метрологических подразделений. Данный подход позволит осуществлять аналитические и измерительные операции без участия человека и как следствие исключить неопределенности различного рода, сократить время и точность проводимых операций. В результате проделанной работы был проведен анализ отечественных зарубежных автоматизированных измерительных комплексов. Современные автоматизированные измерительные комплексы являются совокупностью программного обеспечения и сложных технических устройств и представляют собой взаимосвязанные и взаимодействующие подсистемы (измерительные каналы, блоки). Была проведена оценка совокупности погрешностей присутствующих в автоматизированных измерительных комплексах, начиная от погрешности средства измерения, заканчивая погрешностью программного обеспечения и др. Выработаны рекомендации для аттестации испытательного оборудования, в состав которого входят подобные комплексы и участвующие в испытаниях изделий авиационной техники. Результаты проделанной работы могут быть применены в метрологических подразделениях авиационной отрасли и использованы при испытаниях изделий авиационной техники.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», принят Государственной думой 11 июня 2008 года, одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г.
2. Воронова А.Г. Метрологическая экспертиза конструкторской документации // Сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. / Курск, 2021 г. С. 43-46.
3. Р.В. Воронков // Методы и средства повышения эффективности проведения ресурсных испытаний натуральных авиационных конструкций // автореферат диссертации на соискание научной степени Кандидата технических наук // Жуковский 2019г.

## **Использование шумомера SVAN 979 при испытаниях ГТД, проводимых в обеспечение сертификации воздушных судов по шуму на местности** Гривизирский П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.  
МАИ, Москва

Целью данной работы является подготовка метрологического обеспечения работ по отнесению шумомера SVAN 979 к утвержденному типу средства измерений, с целью применения его для испытаний ГТД по шуму.

Объектом исследования выбран шумомер SVAN 979.

Актуальность работы заключается в том, что в результате модернизации шумомера SVAN 979 изменились его метрологические характеристики, в связи с этим необходимо провести работы по его утверждению типа.

Метрологическое обеспечение включает в себя обеспечение точности при измерениях, сами условия измерений, охрану труда, методики (методы) измерений, утверждение типа.

Приборы (СИ) должны быть утвержденного типа, успешно прошедшие поверку, иметь свидетельство со знаком утверждения типа, иметь аттестованные методики измерений.

В работе подробно рассмотрен процесс отнесения шумомера SVAN 979 к утвержденному типу средства измерений с целью применения его для испытаний ГТД по шуму.

Рассмотрены основные этапы процесса утверждения типа СИ, приведена программа проведения испытаний по утверждению типа, а также факторы, которые могут влиять на принятие решения об утверждении типа.

Измерение шума входит в сферу государственного регулирования.

В соответствии с п. 1 ст. 12 Федерального закона № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», все используемые средства измерений должны быть утвержденного типа и находиться в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФГИС «АРШИН»).

Основными физическими характеристиками шума являются частота, выражаемая в герцах (Гц) и уровень звукового давления, измеряемый в децибелах (дБ).

Уровень звукового давления  $L_p$ , дБ — это десять десятичных логарифмов отношения среднего по времени квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления (опорное звуковое давление принимается равным 20 мкПа)

Требования к акустическим характеристикам в авиации ужесточаются каждый год.

Ужесточая каждый год нормы на шум, ИКАО подталкивает производителей авиационной техники разрабатывать и применять на новых моделях самолетов и двигателях наиболее эффективные технологии снижения шума.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» Москва, Кремль, 26 июня 2008 года
2. ГОСТ Р 53188.1-2019 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования» М.: Стандартинформ, 2019
3. В.А. Афанасьев, М.М. Жигунов, А.И. Ланшин, В.П. Монахова, О.В. Тушавина Экспериментальная обработка и сертификационные испытания авиационных двигателей: Учебник / Под общей редакцией А.И. Ланшина и В.А. Афанасьева. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 456 с.: ил.
4. International document OIML D 19 Edition 1988 (E) «Pattern evaluation and pattern approval» International Organization of Legal Metrology

## **Внедрение отечественных средств измерений при проведении статических испытаний деталей ДЛА**

Денисова В.Я.

Научный руководитель — Бурова А.Ю.

МАИ, Москва

В связи с ужесточением санкционных требований, особую роль приобретает сфера импортозамещения. При проведении статических испытаний важно найти аналоги заграничным средствам измерений с сохранением и улучшением показателей качества при проведении испытаний. Данный вопрос будет актуален еще много лет, и это создает отличное начало для развития отечественных компаний по изготовлению метрологического обеспечения.

В работе проведен анализ показателей качества при проведении статических испытаний деталей двигателя летательного аппарата с использованием, как импортного оборудования, так и отечественного.

Статические испытания — вид испытаний, при котором испытуемое изделие авиационной техники подвергают воздействию постоянной или постоянно нарастающей силы.

Существует несколько видов статических испытаний, такие как: разрыв (растяжение), сжатие, изгиб, скручивание. В работе применен вид статического испытания на разрыв. Такие испытания выполняются на вертикальных (в данном случае) или горизонтальных разрывных стендах. Изготавливают специальный образец, концы которого закрепляют. Далее приборы фиксируют прилагаемую в течении испытаний нагрузку.

Проведение статических испытаний деталей ДЛА проводятся с целью получения точных характеристик о состоянии деформации или напряжения, а также фактической прочности изделия. С научно-техническим прогрессом совершенствуется методика и техника эксперимента, который в целом представляет собой сложный технологический процесс. Требования к прочности регулируются различными нормативными документами, такими как, к примеру, Авиационные Правила – 23 и Авиационные Правила – 25 и другие. Все эти документы определяют статические испытания как основной способ проверки прочности конструкции.

Как уже говорилось выше, статические испытания являются неотъемлемой частью разработки новых материалов и контроля качества. Такие испытания являются разрушающими, следовательно, приводят к разрушению в конце испытания и восстановлению не подлежат. Испытания позволяют определить допустимые нагрузки, при которых материал способен сохранять заданные характеристики.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа при применении как импортного, так и отечественного оборудования для проведения статических испытаний деталей ДЛА, с использованием математического и программного моделирования, а также мониторинг качественных показателей результатов эксперимента.

Список используемых источников:

1. Афанасьев В.А., Лебедев В.А., Монахова В.П., Мышелов Е.П., Ножницкий Ю.А. Техническое регулирование и управление качеством. — М.: Книжный дом «Либроком», 2017. — 256 с.
2. Мышелов Е.П. Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию качества: учебное пособие. — М.: КРАСАНД, 2016. — 222 с.
3. Шевченко М.И., Моисеев Л.Ф. Вопросы метрологического обеспечения испытаний авиационной техники, №1, 2014 — 565 с.

## **Исследование влияния охлаждения корпуса термогребенки на показания термопар при измерении температуры высокоэнтальпийных газовых потоков**

Дорофеев К.В.

Научный руководитель — к.т.н. Мухина С.Д.

МАИ, ОКБ им. А. Люльки, Москва

Для определения характеристик изделия, достигнутых во время испытаний, необходимо точное измерение основных его параметров, в частности, температуры рабочего тела в горячей части двигателя.

С учетом высоких температур газа в горячей части современных газотурбинных двигателей, для их измерения применяются высокотемпературные термопары (платина-родий, вольфрам-рений, иридий-родий и т.д.), которые монтируются в охлаждаемых гребенках. Экспериментально доказано влияние конструкции гребенки и расхода охлаждающей среды на показания термопар, измеряющих температуру высокоэнтальпийного газового потока.

В работе решалась актуальная практическая задача — для охлаждаемой гребенки, применяемой при испытаниях изделия разработки ОКБ им. А. Люльки, необходимо выполнить количественную оценку влияния различных режимов работы двигателя и интенсивности охлаждения гребенки на показания термопар, измеряющих температуру продуктов сгорания.

Для расчетной оценки влияния теплоотвода в охлаждаемый корпус гребенки на показания термопар использовалась полуэмпирическая методика. Структура используемых в ней зависимостей позволяет детально рассмотреть механизмы процессов, протекающих в системе «термопара-охлаждаемый корпус», однако сама методика имеет множество допущений и является довольно трудоемкой для выполнения расчетов. Кроме того, она имеет некоторые ограничения по конструкции корпусов и параметрам измеряемой среды.

Поэтому для оценки применимости методики к используемой конструкции гребенки были выполнены экспериментальные исследования в аэродинамической трубе. Они заключались в одновременной продувке исследуемой (охлаждаемой) и образцовой (неохлаждаемой) гребенки и показали хорошее совпадение расчета и эксперимента в большой части исследованного диапазона параметров.

В продолжении работы планируется выполнить существенную оптимизацию конструкции гребенки для уменьшения влияния охлаждения на показания термопар. Для оценки эффективности внедренных мероприятий будут использованы как полуэмпирическая методика (для сопоставления вкладов различных механизмов теплопереноса), так и численный расчет (для расширения границ применимости полученных зависимостей), а также испытания в составе сектора камеры сгорания.

Список используемых источников:

1. ОСТ 1 01134-86. Камеры сгорания основные газотурбинных двигателей. Метод определения поля температуры газа на выходе из основной камеры сгорания при автономных испытаниях.
2. Пешехонов, Николай Федорович. Приборы для измерения давления, температуры и направления потока в компрессорах. — Москва: Оборонгиз, 1962.
3. Методы теплотехнических измерений и испытаний при сжигании газа: Справ. руководство / Р. И. Эстеркин, А. С. Иссерлин, М. И. Певзнер. — Ленинград: Недра. Ленингр. отделение, 1972.

## **Исследование загрязняющего воздействия струи стационарного плазменного двигателя на терморегулирующие покрытия космических аппаратов**

Дудунов А.А.

Научный руководитель — д.т.н. Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Одной из проблем применения электроракетных двигателей в космосе является обеспечение допустимого уровня воздействия плазменной струи электроракетного двигателя на элементы и системы космического аппарата. В этой связи актуальной является задача определения характеристик различных видов воздействия. В данной работе рассмотрена экспериментальная установка для исследования загрязняющего воздействия струи стационарного плазменного двигателя на оптически чувствительные поверхности космического аппарата, а также результаты проведенных тестовых экспериментов. Данная экспериментальная установка позволяет создавать пленки загрязнения, образованные продуктами распыления различных материалов. Толщина пленок составляет от 1 нм и выше. Скорость осаждения пленки загрязнения может варьироваться в диапазоне от 0.05 до 2 нм/час. При необходимости могут быть созданы композитные пленки, состоящие из продуктов распыления различных материалов. Имеется возможность регулирования температуры образцов в интервале -10...+60 градусов Цельсия. На данной установке были проведены исследования условий конденсации и влияния толщины тонких пленок золота на коэффициент поглощения солнечного излучения и степень черноты терморегулирующих покрытий типа ОСО-С. Показано, что пленки образуются практически во всем диапазоне возможных значений плотности потока и температур покрытия. Установлено, что, при толщине пленки загрязнения около 2 нм ( $4 \times 10^{-6}$  г/см<sup>2</sup>), изменения оптических характеристик покрытия становятся значительными.

## **Построение имитационной математической модели испытательного стенда для проведения виртуальных испытаний**

Кашеев И.С.

Научный руководитель — Боровиков Д.А.

МАИ, Москва

Из-за растущих требований к характеристикам новых образцов газотурбинных двигателей (ГТД) возрастает сложность и стоимость их создания. Одним из важнейших этапов производства современного ГТД является цикл его испытаний. С ростом сложности двигателя растёт сложность и стоимость проведения испытаний. Создание одновременно со стендом для натуральных испытаний его виртуальной копии может позволить существенно снизить время постройки самого испытательного стенда, упростить и ускорить планирование испытаний, а также заменить часть испытаний на виртуальные испытания, которые могут быть верифицированы в ходе натуральных испытаний.

В работе рассматривается создание имитационной математической модели высотного скоростного испытательного стенда для малоразмерных газотурбинных двигателей тягой до 600 кгс. Испытательный стенд должен обеспечивать условия по максимальной высоте полёта — 8000 км и максимальной скорости 0.8М. Требования к испытательному стенду сформулированы по результатам анализа наиболее востребованных скоростей и высот для предполагаемых летательных аппаратов с ГТД такого класса.

Работа по построению имитационной модели проходила в программном комплексе Siemens Simcenter Amesim. Программа выбрана из-за принципа построения моделей с использованием связанных графов, основанных на потоках мощности между элементами системы и двунаправленных парных связях, что позволяет моделировать в рамках одной модели взаимодействие систем, имеющих различную физическую природу.

Постройка рассмотренного стенда и создание его виртуальной копии позволит обрабатывать перспективные решения в области создания малоразмерных газотурбинных двигателей, а также составить цифровой паспорт испытываемого изделия, который может

быть использован при эксплуатации и техническом обслуживании малоразмерных двигателей.

Помимо математической модели стенда в работе рассмотрены предварительные этапы создания стенда: выбор компрессора из предложенных российскими производителями, конструкция термобарокамеры (ТБК) с испытательным помещением и предварительный анализ методом конечных элементов работы эжектора для создания разряжения в ТБК.

Список используемых источников:

1. В.А. Афанасьев, М.М. Жигунов, А.И. Ланшин, В.П. Монахова, О.В. Тушавина. Экспериментальная отработка и сертификационные испытания авиационных двигателей // Изд-во МАИ, 2021.
2. А.Б. Гусейнов. Внешнее проектирование крылатых ракет: Обоснование тактико-технических требований // учеб. пособие МАИ (Нац. исслед. ун-т). — М.: МАИ, 2015
3. Morteza Montazeri-Gh, Ali Rasti. Comparison of model predictive controller and optimized min-max algorithm for turbofan engine fuel control // Journal of Mechanical Science and Technology volume 33, pages 5483–5498 (2019).
4. Minglan Xiong, Huawei Wang. Digital twin applications in aviation industry: A review // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology volume 121, pages 5677–5692 (2022)

### **Особенности тензометрирования для исследования напряжённо-деформированного состояния элементов конструкции ГТД**

Копытин Р.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.

МАИ, Москва

Динамометры, они же тензометрические датчики силы, являются неотъемлемой частью силовых измерительных систем. Без них было бы невозможно построить автоматизированную систему управления технологическим процессом. Они применяются в различных отраслях промышленности — строительство, металлургия, сельское хозяйство, производство продуктов питания и т. д. Принцип работы динамометров основывается на преобразовании усилий, которые приводят к деформации чувствительного элемента, с помощью тензометрических преобразователей и тензометров — тензометрировании.

Применение данному методу нашлось и в авиационной промышленности: он используется для оценивания свойств рабочих валов, дисков, лопаток турбин, корпусов агрегатов двигателя, систем трубопроводов на прочность. Благодаря методу тензометрирования также можно определить действительное напряжённо-деформированное состояние (НДС) узлов и деталей конструкций газотурбинных двигателей. Напряжения и последующие деформации в них вызываются различными нагрузками физической природы: тепловыми, инерционными, газовыми, механическими и т. д.

Известно, что на сегодняшний момент для исследования НДС распространены расчётные методы, позволяющие смоделировать форму чувствительного элемента, причём любую. Тем не менее в данном способе присутствует вероятность неверного назначения условий действительных нагрузок деталей, так как не всегда можно учесть все конструктивные особенности. Примерами факторов, которые сложно учесть, являются: места возникновения наибольших напряжений, так же остаточные напряжения и прочее. По этой причине экспериментальные методы исследования НДС являются обязательными, когда оценивают надёжность и долговечность узлов и деталей конструкций ГТД.

Как говорилось ранее, тензометрирование применяется в качестве экспериментального исследования напряжённо-деформированных состояний.

Список используемых источников:

1. Леонтьев М.К. Тензометрирование в авиационных газотурбинных двигателях: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2000. — 36 с.:ил.
2. Панин Е.А. Основы тензометрии двигателей летательных аппаратов.: Метод, указания / Самар, гос. аэрокосм. ун-т; Самара, 2004. 39 с.

## **Проектирование вставки для профиля сопловой лопатки под установку датчиков для измерения параметров потока на входе в турбину высокого давления газотурбинного двигателя**

Овсейчук Н.А., Попов Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сендюров С.И.

ПНИПУ, АО «ОДК-Авиадвигатель», Пермь

Современный газотурбинный двигатель (ГТД) должен отвечать техническим требованиям, в числе которых — технические характеристики, надёжность, ресурс, живучесть и безопасность, производственная и эксплуатационная технологичность, экологические характеристики, экономические показатели. Взаимная увязка этих требований — сложная задача, требующая качественного математического моделирования и проведения испытаний [1].

Разработка и доводка новых ГТД основывается на экспериментальной проверке и отработке на испытательных стендах. Стендовые испытания двигателя включают в себя измерения параметров газового потока на определённом режиме работы при помощи датчиков. Температура и давление газа за камерой сгорания (КС) или на входе в турбину высокого давления (ТВД) — один из основных параметров цикла двигателя, которые подлежат обязательному определению. Для более точного прогнозирования теплового состояния элементов проточной части турбины, необходимо знать распределение температуры газа на входе в узел в радиальном и окружном направлениях, а для более точного аэродинамического моделирования — полное давление газа на входе в узел. Точное определение температурного поля газа и поля давления на выходе из КС в процессе испытаний определяет не только качество математического моделирования авиационного двигателя, но и сроки его доводки [2].

Классический способ измерения параметров рабочего тела в проточной части ТВД заключается в установке датчиков на профиле сопловой лопатки (СЛ) в точёные или штампованные из фольги диффузоры, проводники подключения датчиков при этом выводятся снаружи и прикрываются фольговыми накладками [3]. Данный способ обладает рядом недостатков: нарушение системы охлаждения, которое приводит к существенным изменениям в режиме работы двигателя, и нерасчётное обтекание профиля, которое в свою очередь приводит к получению некорректных данных с датчиков и вносит дополнительные возмущения в работу узла. К тому же элементы препарирования достаточно быстро обгорают и разрушаются, поэтому, как правило, таких лопаток хватает на одно полноразмерное испытание. Процесс установки датчиков на лопатки выполняется вручную, поэтому является трудоёмким и не исключает ошибок со стороны человека.

Предложенный некоторое время назад в работе [3] способ повысить качество измерения температуры газа за КС ГТД заключается в изготовлении полноценной СЛ с готовыми диффузорами на входной кромке профиля под установку датчиков и внутренними каналами под вывод проводников. Отсутствие проводников подключения датчиков в проточной части обеспечит расчётное обтекание профиля. На описанную выше конструкцию получен патент на изобретение № 2767580С1, заявка № 2021134909 от 29.11.2021 г. Изготавливать полученную конструкцию СЛ предложено аддитивным способом, например, методом селективного лазерного спекания (СЛС), который имеет свои недостатки: высокая стоимость и большие временные затраты для изготовления, большой процент брака.

Логическое продолжение развития способа измерения параметров ГТД в проточной части ТВД в том, чтобы использовать не полноценную СЛ, а её часть — вставку для профиля под установку датчиков, имеющую достаточно простую возможность замены. Вставка имитирует входную кромку с диффузорами, а также позволяет вывести проводники подключения через внутренние каналы вставки. При использовании вставок обеспечивается оптимальное тепловое состояние и расчётное обтекание профиля. Данный способ повышает надёжность и технологичность, так как предполагается изготавливать вставки не только из металла (методом СЛС) [4], но и из керамики (методом формовки и обжига). Однако, такое

продолжение способа требует модификации литейной модели СЛ, что увеличит время и стоимость изготовления оснастки.

В АО «ОДК-Авиадвигатель» проведены испытания полноразмерных газогенераторов с измерением параметров на выходе из КС при помощи изготовленных вставок. По результатам испытаний, которые имеют высокую степень совпадения с численным моделированием, можно заключить, что использованные аддитивные вставки показали свою работоспособность и могут быть использованы в опытных конструкциях ГТД. На конструкцию получен патент на изобретение № 2770976С1, заявка № 2021139535 от 29.12.2021 г.

Список используемых источников:

1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. / Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. — М.: Машиностроение, 2008. —Т.1. — С. 58-59; ил.

2. Испытания и обеспечение надежности авиационных ГТД и энергетических: краткий курс лекций. / Григорьев В.А. / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. академика С.П. Королева. — 2011. — С. 9-10.

3. Проектирование сопловых лопаток газовых турбин для измерения параметров потока за камерой сгорания / ГТД Попов Д.А., Сендюров С.И. / «Авиация и космонавтика». тезисы 21ой международной конференции. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). — Москва, 2022. — С. 157-159.

4. Перспективы применения аддитивных технологий для создания деталей и узлов авиационных газотурбинных двигателей и прямоточных воздушно-реактивных двигателей / Магеррамова Л.А., Ножницкий Ю.А., Волков С.А. и др. / Вестник Самар. ун-та. Аэрокосм. техника, технологии и машиностроение. — 2019. — № 3. — С. 81-98.

## **Верификация результатов численного моделирования работы электродвигателя с воздушным винтом**

Петропавловский О.И., Шалынков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Морозов В.В.

ТулГУ, Тула

В настоящее время в связи с интенсивным развитием программных комплексов численного моделирования различных процессов вопрос верификации результатов расчета стоит как никогда остро. Для проверки адекватности полученных значений в программном комплексе обычно решают задачу, у которой уже имеется подтвержденный результат, или экспериментально исследуют процесс и снимают требуемые показания.

В данной работе рассматривается экспериментальный вариант верификации программы численного моделирования газодинамических процессов на примере стенда для определения тяги электродвигателя с воздушным винтом.

Объектом исследования является электродвигатель типоразмера 3536 с винтом 11 дюймов и шагом 7 дюймов. Частота вращения винта равна 9000 об/мин при питании от 4s Li-pol батареи.

Стенд представляет собой рамную конструкцию из станочного профиля 20x20 v-slot с креплением к столу, в месте контакта присутствуют ребристые резиновые прокладки для надежной фиксации и устранения передачи вибрации со стенда на базовую поверхность. Двигатель размещается на свободно перемещающейся по направляющим тележке, которая посредством тензометрического датчика связана со стационарно закрепленной рамой. Значения тяги объекта исследования выводятся на дисплей в кгс. Некоторая часть стенда выполнена по аддитивной технологии послойного наплавления, что существенно снижает стоимость его изготовления и в то же время позволяет оптимизировать конструкцию для уменьшения внешнего воздействия на исследуемый процесс.

В программном комплексе численного моделирования газодинамических процессов решается аналогичная задача по определению тяги электродвигателя с винтом.

Сравнивая результаты эксперимента и численного решения, можно прийти к выводу, что программный комплекс газодинамического моделирования позволяет определить достаточно точно значение тяги электродвигателя с воздушным винтом.

Таким образом, можно рекомендовать вычислительный комплекс для проведения численных экспериментов по определению тяги электродвигателей с воздушным винтом, но в то же время для комплексного анализа поведения объекта исследования во время полета и отработки систем мониторинга и управления полностью отказаться от натурного эксперимента может быть нецелесообразно, исходя из условий малой стоимости и достаточно высокой точности испытательного стенда для малогабаритных двигателей.

Список используемых источников:

1. J.B. Brandt, R.W. Deters, G.K. Ananda, O.D. Dantsker, and M.S. Selig Vol.1-4, University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Aerospace Engineering, UIUC Propeller Database [Электронный ресурс]. URL: <https://m-selig.ae.illinois.edu/props/propDB.html> (Дата обращения 24.02.2023).

2. Краснов Н.Ф. Аэродинамика: учебник для студентов вузов. — М.: Высшая школа, 1980, ч.1 — 496с., ч.2 — 303с.

3. Саткевич А.А. Аэродинамика как теоретическая основа авиации. М.: ЁЁ Медиа, 1982. — 494с.

4. Практическая аэродинамика [Электронный ресурс] Аэродром «Мочище» // URL: <https://aeromochische.ru/pilotam/biblioteka/> (Дата обращения 24.02.2023)

## **Технологическое оборудование для испытаний на птицестойкость узлов газотурбинных двигателей и ЛА**

Поперечный С.С., Ху Циньвэй

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лепешкин А.Р.

МАИ, Москва

В процессе эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД) на летательных аппаратах (ЛА) возможно попадание птиц в газоздушный тракт двигателя и в элементы ЛА. Попадание птиц может привести к частичной или полной потере работоспособности двигателя, а в отдельных случаях к летным происшествиям. В связи с этим необходимо определить работоспособность узлов двигателя при попадании в него птиц в стендовых условиях, моделирующих условия эксплуатации [1-4].

Испытания по проверке работоспособности узлов ГТД и элементов ЛА при попадании на вход птиц выполнялись на специальном стенде с помощью специального технологического оборудования и пневматической установки (пушки) по забросу птиц. В работе рассматривается специальное технологическое оборудование, методика и особенности технологии испытаний узлов ГТД и элементов ЛА на птицестойкость. В соответствии с процедурой проведения испытаний ставится задача обеспечить попадание птицы в заданную точку объекта испытаний и с заданным направлением удара с заданной погрешностью. Для этого на первом этапе проводились подготовительные прицельные работы с использованием лазерного прицела и макета мишени. На втором этапе исследований проводились калибровочные испытания. Целью калибровочных испытаний является определение реальных характеристик технологического оборудования стенда, а именно: определение зависимости скорости полета птицы (снаряда) с учетом ее массы от давления в ресивере пневматической пушки, определение точностных характеристик метательной системы (лафет – пушка – прицел – заряд). Все калибровочные испытания выполнялись с мишенью-ловителем птицы, установленным вместо объекта испытаний, что позволяло в каждом эксперименте получать необходимые данные по задачам калибровки. Приведены результаты испытаний узлов ГТД и элементов ЛА на птицестойкость и осмотра поврежденных авиационной техники после испытаний.

Список используемых источников:

1. Шершаков С.М., Лепешкин А.Р., Кулаков В.В., Петров С.Б. и др. Устройство для заброса птиц и других посторонних предметов при испытаниях летательных аппаратов. Патент РФ № 2452931. 2012. Бюл. № 16.
2. Лепешкин А.Р., Ильинская О.И., Маликов С.Б. Динамика и прочность авиационных газотурбинных двигателей. Учебное пособие. М.: МАИ. 2020. 100 с.
3. Leshchkin A.R. The blade releasing method for test of engine casing containment // ASME 2013 International mechanical engineering congress and exposition, Proceedings IMECE 2013. San Diego, 2013. С. 63749.
4. Leshchkin A., Plinskaya O., Fedin M. et al. Test technique for turbine cooled blades of gas turbine engines // Journal of Physics: Conference Series. V. 1925. С. 012086.

## **Подтверждение компетентности лаборатории вуза в области исследовательских испытаний двигателей летательных аппаратов**

Ромашова М.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Монахова В.П.

МАИ, Москва

Развитие инновационной деятельности в вузе предполагает увеличение количества научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, вовлечение научно-исследовательских коллективов в решение задач, стоящих перед промышленностью.

Большая часть НИОКР подразделений института «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки» МАИ (НИУ) связана с проведением исследовательских испытаний деталей, элементов и узлов двигателей летательных аппаратов.

При проведении любых исследований необходимо не только получить результат измерений, но и определить достоверность полученной величины, оценить погрешность, позволяющую принимать решение о качестве применяемых методов и средств измерений.

Согласно [1] лаборатория, выполняющая измерения, должна «продемонстрировать компетентность и способность получать достоверные результаты». Стандарт устанавливает требования к компетентности, беспристрастности, структуре, ресурсам, процессам и системам менеджмента лаборатории.

Для стабильного функционирования испытательной лаборатории необходимо разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии систему менеджмента, которая способна обеспечивать и демонстрировать соответствие лаборатории требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Такая система может быть создана в рамках системы менеджмента качества [2]. Однако, соответствие системы менеджмента требованиям стандартов ISO серии 9000 не является подтверждением компетентности лаборатории в отношении предоставления технически достоверных данных и результатов. Техническая компетентность лаборатории определяется соответствием требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019, системы обеспечения единства измерений, системы качества измерений [3], системы менеджмента измерений [4].

Одним из обязательных требований к системе менеджмента лаборатории является наличие соответствующей документации, включающей заявление о политике, цели, процедуры, записи и др. документы.

Управление деятельностью лаборатории, улучшение ее работы должно осуществляться на основе анализа данных мониторинга достоверности результатов измерений, элементами которого являются применение статистических методов и сравнение с результатами других лабораторий.

Автором предлагается комплект типовой документации системы менеджмента лаборатории исследовательских испытаний в области двигателестроения, в том числе, процедуры мониторинга достоверности результатов измерений.

Список используемых источников:

1. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».
2. Стандарты ИСО серии 9000 «Системы менеджмента качества».
3. ГОСТ Р ИСО 5725(1-6)-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».
4. ГОСТ Р ИСО 10012-2008 «Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию».

## **Испытания теплозащитных материалов**

Тებრѳеѳа Э.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.

МАИ, Москва

Без надежных средств вывода полезного груза на орбиту и ее возвращения полноценное существование человека за пределами атмосферы и освоение других небесных тел в Солнечной системе будут затруднены.

Одним из основных кандидатов для решения таких задач является воздушно-космический самолет (ВКС). Но для того, чтобы разработать и создать ВКС, необходимо преодолеть «тепловой» барьер, то есть иметь возможность многократно совершать длительные перелеты.

Преодолевая сопротивление атмосферы во время полета, спускаемый летательный аппарат расходует часть энергии топлива на преодоление сопротивления встречного воздуха, что приводит к нагреву внешней оболочки.

Существующие в настоящее время методы и средства наземной отработки летательных аппаратов при воздействии лишь одного фактора не позволяют получить полную информации о работоспособности элементов конструкции в реальных условиях при одновременном воздействии нескольких определяющих факторов.

В данной работе рассмотрены экспериментальные средства и их характеристики, используемые при комплексных испытаниях элементов конструкции летательных аппаратов (при воздействии резкого спада давления, нагрева и вибрационных перегрузок).

Она состоит из охлаждаемой вакуумной камеры и системы вакуумной откачки. Изменение давления обеспечивает системой, состоящей из натекателя, реверсивного электродвигателя и программного устройства, задающего закон изменения давления. Для воспроизведения температурных нагрузений в камере используется инфракрасный нагреватель с охлаждаемыми рефлекторами и плазматрон. Управление процессом нагрева испытуемого образца осуществляется по следующей методике.

Имитация вибрационных нагрузок, действующих на элементы конструкции летательных аппаратов, осуществляется за счет использования электродинамического вибрационного стенда.

На экспериментальной установке можно проводить вибрационные испытания на вибропрочность и виброустойчивость.

Созданный экспериментальный стенд с системой управления позволяет моделировать условия работы элементов конструкции летательных аппаратов, приближенные по своим значениям к реальным, что позволяет более полно определить работоспособность этих элементов.

Список используемых источников:

1. Авдѳевский В.С., Галицейский Б.М., Глебов Г.А., Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике, М., 1975;
2. Душин Ю. А., Работа теплозащитных материалов в горячих газовых потоках. Л., 1968;
3. Мартин Дж., Вход в атмосферу, пер. с англ., М., 1969;
4. Полежаев Ю. В., Юревич Ф. Б., Тепловая защита, М., 1976;
5. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов, М., издательство МАИ, 1994.

## Экспериментальные исследования «виртуального» регулятора тяги авиационного ГТД

Трифонов М.Е.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

В качестве одного из направлений интеллектуализации систем автоматического управления (САУ) авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) в настоящее время рассматривается применение бортовой математической модели двигателя (БММД), встроенной в программное обеспечение (ПО) электронного регулятора и позволяющей осуществлять управление по параметрам, прямо характеризующим рабочий процесс в двигателе, но недоступным для измерения [1]. Управление рассчитываемой в БММД величиной тяги позволит компенсировать ухудшение характеристик двигателя при выработке ресурса и улучшить его эксплуатационные свойства [2].

Целью настоящей работы является экспериментальная проверка работоспособности и эффективности регулятора тяги в испытаниях на двигателе-демонстраторе, представляющем собой ТРДД с малой степенью двухконтурности, в САУ которого введена бортовая термогазодинамическая математическая модель двигателя, функционирующая в реальном масштабе времени.

Возможность управления двигателем по рассчитываемой величине тяги определяется точностью ее расчета в бортовой математической модели двигателя. Для повышения точности расчета БММД термогазодинамического типа выполнена ее идентификация посредством коррекции статических характеристик лопаточных машин двигателя-демонстратора. По результатам идентификации погрешность расчета тяги на рассматриваемых режимах работы двигателя составила менее 1 %.

Для проведения экспериментальных исследований в САУ двигателя-демонстратора введен регулятор тяги, алгоритмы управления которого выполнены в классе изодромного ПИД-регулятора. Программа управления тягой выбрана из условия идентичного изменения параметров рабочего процесса, как и при работе штатного регулятора частоты вращения ротора высокого давления (РВД).

Оценка эффективности регулятора тяги при ухудшении характеристик узлов двигателя в эксплуатации выполнялась путем имитации износа компрессора высокого давления (КВД) с помощью прикрытия входных направляющих аппаратов компрессора (ВНА) на повышенных режимах работы двигателя. В этом случае наблюдается аналогичное изменение положения напорных ветвей на характеристике компрессора, как и при его износе. Выполненные расчеты изменения параметров двигателя-демонстратора на режиме  $n_{2пр} = 95\%$  в условиях  $H = 0$ ,  $M = 0$ , МСА показали, что при работе регулятора частоты вращения РВД прикрытия ВНА приводит к снижению тяги на 10 %. При этом «виртуальный» регулятор тяги в тех же условиях позволяет поддерживать величину тяги двигателя на исходном уровне за счет увеличения частоты вращения КВД на 2,5 % и температуры газа на входе в турбину на 16 К.

Для валидации результатов расчетов выполнена проверка работы регулятора тяги в составе САУ двигателя-демонстратора в наземных условиях ( $H = 0$ ,  $M = 0$ ) при температуре окружающего воздуха близкой к МСА. По результатам испытаний регулятор тяги обеспечил управляемость и устойчивую работу двигателя при поддержании заданной величины тяги с погрешностью  $\pm 1\%$  на всех установившихся режимах его работы. При имитации износа КВД «виртуальный» регулятор тяги позволил компенсировать снижение тяги на 8 %, возникающее при работе традиционного регулятора частоты вращения РВД, посредством формирования команды на увеличение расхода топлива, приводящей к повышению частоты вращения компрессора на  $\sim 2\%$  и температуры газа на входе в турбину на 20 К.

Список используемых источников:

1. Системы автоматического управления авиационными ГТД: Энциклопедический справочник / Под ред. О.С. Гуревича. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. — 208 с.
2. О.С. Гуревич, С.А. Сметанин, М.Е. Трифонов. Исследование способов управления, инвариативных к ухудшению характеристик узлов двигателя в процессе эксплуатации // Международная научно-техническая конференция по авиационным двигателям ICAM 2020. Сборник тезисов.— М. ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2020. — Т.1. — С.88-92.

## **Разработка методики работы на контрольно-измерительной машине при контроле деталей двигателей летательных аппаратов**

Умникова Е.С.

Научный руководитель — Бурова А.Ю.

МАИ, Москва

Качество измерений играет очень важную в авиационной и авиационных отраслях. Только изделия, соответствующие заданным параметрам, могут быть пригодны для изготовления сложной техники, такой как двигатели летательных аппаратов. Точность измерений обеспечивается соблюдением единства конструкторской, измерительной, а также технологической баз.

Целью работы является выявление пути решения повышения качества измерений с помощью анализа методики разработки, хранения и изменения измерительных программ для контрольно-измерительной машины (КИМ). В ходе анализа оборудования, пригодного для работы со сложными деталями, была выбрана КИМ ALTERA. Она обладает лучшими показателями для использования в промышленном производстве. Высококачественная конструкция изделия с почти идеальной удельной жесткостью и большой устойчивостью к изменениям температуры гарантирует точные результаты в течение всего срока работы, заявленным производителем.

Для правильного функционирования оборудования и обеспечения достоверных результатов измерений необходимо выполнять работу на нем в заданном порядке. Чтобы это делать, необходимо иметь четкие требования к работе на КИМ. Это обеспечивается соблюдением соответствующей методики.

В методике должен быть определен порядок разработки, утверждения, изменения, а также хранения измерительных программ. Несоблюдение требований данного документа может повлечь за собой некорректную работу оборудования, а также некорректность результатов проведенных измерений. Во избежание этого необходимо соблюдать все описанные в методике пункты.

Сотрудник должен быть квалифицированным и следовать должностным инструкциям. Температура и относительная влажность не должны превышать значений 25°C и 78% соответственно. Для написания измерительной программы необходим комплект документов, предоставляемый специалисту метрологической службы. В него входят служебная записка, подтверждающая заказ на осуществление измерения и подготовки программы, элементы конструкторской документации (чертеж), а также другие необходимые для ознакомления с деталью документы.

Требования к точности постоянно повышаются, поэтому важно следить за актуальностью уже действующих документов, своевременно производить в них изменения в соответствии с другими стандартами, тем самым актуализируя их. Исследования показали, что совершенствование работы необходимо проводить введением современной документации. Это могут быть стандарты, методики. Это не только регулирует четкий порядок действий, но и помогает сотрудникам действовать в рамках своей компетенции.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 10360-2-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных размеров. Введ. 2019-01-01. М., 2019. 32 с.
2. Бурова А.Ю. Сертификация авиационной техники. М.: ЛЕНАНД, 2019. 300 с.
3. Техническое регулирование и управление качеством / Е.П. Мышелов [и др.]. М.: ЛЕНАНД, 2021. 256 с.
4. Экспериментальная отработка и сертификационные испытания авиационных двигателей / В.А. Афанасьев [и др.]. М.: Изд-во МАИ, 2021. 456 с.

# Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика

## Секция №3.1 Управление движением, навигация и бортовые системы

---

### Альтернативное решение задачи определения ориентации по векторным наблюдениям

Алексеев М.М.

Научный руководитель — Стихно К.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В данной работе была рассмотрена классическая задача Wahba [1] определения ориентации космического аппарата (КА) по векторным наблюдениям в двух разных системах координат. Используя геометрические свойства множества кватернионов конечного поворота [2], авторы получили альтернативную параметризацию функции потерь Wahba относительно ортонормированного базиса (ОНБ), построенного на основании некоторого начального приближения оптимального кватерниона. Таким образом, задача определения оптимальной ориентации была сведена к условной минимизации функции трёх вещественных переменных.

Последующее численное решение системы, составленной из производных функции потерь Wahba, реализовалось с использованием метода Ньютона. На практике условия Каруша-Куна-Таккера, связанные с нестрогим неравенством, наложенным на варьируемые переменные, получилось опустить, благодаря эффективному выбору ОНБ. Для корректного построения такого базиса использовалась достаточно точная аппроксимация оптимального кватерниона, рассчитанная на основе результатов применения субоптимального алгоритма TRIAD [2,3].

Описанный в данной работе алгоритм был испытан на данных, соответствующих моделированию положения КА на орбите в течение 48 часов (163238 измерений). Для имитации погрешностей измерения на часть модельных данных был наложен шум, при генерации которого направления случайных отклонений были равновероятны, а угловая величина моделировалась нормальным распределением с отброшенными хвостами. Полученные результаты были сравнены с результатами применения оптимального алгоритма ESOQ [4] и результатами применения алгоритма TRIAD. После одной итерации предложенного алгоритма авторы смогли достичь среднего абсолютного значения отклонения расчётных значений функции потерь от значений функции потерь алгоритма ESOQ равного  $1.47e-14$  со среднеквадратичным отклонением равным  $5.86e-14$ . После двух итераций эти характеристики стали соответственно  $1.71e-16$  и  $2.24e-16$ .

Среди достоинств предлагаемого решения стоит отметить модульную структуру полученного алгоритма. Оба основных блока (функция нахождения начального приближения и алгоритм численного решения) допускают модификации, обусловленные конкретными условиями и спецификами отдельных прикладных задач. При тестировании на модельных данных реализация алгоритма с использованием метода Ньютона показала довольно высокую вычислительную точность и эффективность. Кроме того, предлагаемое решение не берёт явно за основу q-метода Давенпорта (Davenport's q method), тем самым отличаясь от некоторых широко распространённых алгоритмов.

Список используемых источников:

1. Wahba G. A Least Squares Estimate of Satellite Attitude // SIAM Review. 1965. Vol. 7. No. 3. p. 409.
2. Shuster M. A Survey of Attitude Representations // The Journal of the Astronautical Sciences. 1993. Vol. 41. No. 4. pp. 439-517.

3. Tanygin S., Shuster M. The many TRIAD algorithms (17th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, 2007) // *Advances in the Astronautical Sciences*. 2007. Vol. 122. pp. 81–99.

4. Mortari D. ESOQ: A closed-form solution to the Wahba problem // *The Journal of the Astronautical Sciences*. 1997. Vol. 45. No. 2. pp. 195–204.

## **Навигационный алгоритм для группы беспилотных летательных аппаратов с использованием оптико-электронных систем**

Антонов К.А.

Научный руководитель — Савкин А.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день одним из актуальных направлений в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является их объединение в группы. Такой подход позволяет минимизировать временные затраты при решении ряда задач, а также позволяет увеличивать полезную нагрузку с ростом количества БПЛА, входящих в состав группы. Однако с ростом количества БПЛА увеличивается возможность их столкновения, что повышает требуемую точность решения навигационной задачи.

Наиболее часто для решения навигационной задачи используется бесплатформенная навигационная инерциальная система (БИНС), несмотря на свои преимущества, БИНС имеет существенный недостаток — накопление ошибок с течением времени [1]. В связи с этим, в рамках данной работы, рассматриваются алгоритмы визуальной навигации (ВН) с использованием оптико-электронных систем.

Одним из вариантов реализации ВН является алгоритм одновременной локализации и построения карты — SLAM (simultaneous localization and mapping). Данный метод навигации используется для определения местоположения и ориентации на местности, а также, для обновления или дополнения уже известных карт окружающего пространства.

Основными этапами работы алгоритма SLAM является [2]:

- Инициализация карты: определение относительного положения и добавление ключевых точек на карту;
- Отслеживание: оценивание положения на каждом новом кадре путем сопоставления объектов в текущем кадре с объектами в последнем кадре;
- Локальное отображение: добавление ключевых точек с текущего кадра на карту;
- Замыкание цикла: дооценка карты при сравнении текущего кадра с предыдущими кадрами.

Используя алгоритм SLAM для решения навигационной задачи группы БПЛА необходимо обеспечить возможность одновременной обработки измерений каждого БПЛА в составе группы. Для решения этой задачи, классический алгоритм SLAM необходимо изменить. Одним из вариантов является перенос этапа замыкания цикла на отдельный вычислитель, на который передаются данные со всех БПЛА, и на основе полученных данных строится новая карта, которая включает в себя траекторию и текущее положение каждого БПЛА.

В настоящей работе были рассмотрены методы усовершенствования алгоритма SLAM для возможности использования его при навигации группы БПЛА, а также рассмотрена работа данного алгоритма в среде MATLAB.

Список используемых источников:

1. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. — Ч. 1: Одноканальные инерциальные навигационные системы / Л.М. Селиванова, Е.В. Шевцова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 46 с.: ил.

2. C. Campos, R. Elvira, J. J. G. Rodr'iguez, J. M. Montiel, and J. D. Tardos. ORB-SLAM3: An accurate open-source library for visual, visual-inertial and multi-map SLAM. *IEEE Transactions on Robotics (T-RO)*, 2021.

## **Методика управления группой спутников на основе коммуникационных графов**

Дадашев Р.Р.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Шестаков С.А.

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва

Современные миссии, включающие несколько космических аппаратов, открывают новые возможности для научного и технического развития и одновременно ставят новые задачи по обеспечению навигации и управления относительным движением аппаратов. Цель использования множества спутников в группе — выполнение единой задачи, что, в свою очередь, вызывает необходимость разработки и использования новых алгоритмов управления, в том числе относительным орбитальным и угловым движением. При управлении относительным орбитальным движением необходимо противодействовать дрейфу каждого из спутников относительно орбитальной системы координат.

В работе рассматривается управление относительным орбитальным движением многочисленной спутниковой группировки. Накладываются ограничения на взаимодействие спутников в группе. Предложенная в работе методика построения управления базируется на аппарате теории графов: представлении взаимодействующих спутников как вершин, а самих взаимодействий -- как ребер в ориентированном графе. Задание правил формирования веса ребра в конфигурации группы позволяет более тонко настраивать алгоритмы управления.

В докладе описывается алгоритм управления на основе взвешенных ориентированных графов (орграфов). Рассматривается модификация алгоритма, использующая метод сглаживания управления на каждой итерации. Проведены численный анализ и моделирование результатов работы алгоритма.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10009, <https://rscf.ru/project/22-71-10009/>.

Список используемых источников:

1. Clohessy W.H., Wiltshire R.S. Terminal Guidance System for Satellite Rendezvous // J. Aerosp. Sci. 1960. Vol. 27, № 9. P. 653–658.
2. Mehran Mesbahi, Magnus Egerstedt. Graph Theoretic Methods in Multiagent Networks // Princeton Series in Applied Mathematics

## **Математическое и имитационное моделирование продольного канала системы траекторного управления среднемагистрального самолета**

Дружинин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Демченко А.Г.

Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Региональные самолеты», Москва

Одной из основных задач при создании и совершенствовании современных самолетов является поддержание заданных пилотажных характеристик или характеристик устойчивости и управляемости на всем диапазоне полета. При этом управление полетом самолета на заключительных этапах является самой сложной задачей самолетовождения. Наибольший процент летных происшествий и предпосылок к ним имеется на этапах захода на посадку и посадке воздушного судна. На борту самолета эту задачу выполняет система траекторного управления (СТУ).

СТУ является одной из подсистемой автоматической бортовой системы управления. Она обеспечивает директорное и автоматическое управления заходом на посадку, осуществляет индикацию основных пилотажно-навигационных параметров.

В директорном управлении происходит автоматизированная обработка информации, ее комплексирование и формирование директорного сигнала на командные приборы в виде отклонения командных стрелок или значений на приборной доске. А непосредственное управления осуществляется пилотом в ручном (штурвальной) режиме: воздействия на органы управления, он стремится совместить командные стрелки с центром прибора.[1]

При автоматическом автоматика формирует управляющие сигналы на рулевые поверхности. Пилот исключается из контура управления, осуществляя функции более высокого уровня: задает программу траектории захода на посадку.

СТУ состоит из двух каналов: продольного и бокового. В рамках работы будет рассматриваться только продольный канал.

Продольный канал СТУ включает в себя канал тангажа, который обеспечивает функции штурвального управления, стабилизации и управления продольным движением самолета[1].

С помощью языка программирования Python и системы компьютерной алгебры Mathcad были преобразованы системы дифференциальных уравнений описывающие продольное движение при заходе на посадку и при посадке. В следствии вычислены все передаточные коэффициенты, законы управления и другие параметры управления для построения структурной и имитационной модели.

В структурной, а затем имитационной модели «самолет — СТУ(продольный канал)» управляющими воздействиями являются сигналы в виде отклонения горизонтальной командой стрелки на изменение угла тангажа(директорном управление) и сигналы воздействующие на прямое отклонение рулей высоты, и как следствия, изменения угла тангажа (автоматическом управление), а выраженным воздействиями на систему является сигналы углового отклонения от равносигнальной глиссады (угол между проекцией плоскости пересечения двух лепестков излучения глиссадного радиомаяка на вертикальную плоскость). Также на самолет, как объект управления, действует внешние возмущения, такие как порыв ветра, вследствие чего влияющие на резкое изменения аэродинамических характеристик самолета и тем самым на СТУ.

Разработанная имитационная модель позволила смоделировать режимы исправной работы и неисправной работы системы «СТУ-продольный канал», в частности, отказе датчиков тангажа и блока управления. Полученные переходные процессы и частотные характеристики в ответ на возбуждения разной формы и отказе датчиков позволяет сказать, что «СТУ-продольный канал» имеет переходные процессы с высоким показателем устойчивости и управляемости.

Математическая и имитационная модель продемонстрированная в работе, позволяет исследовать переходные процессы в продольном траекторном движение самолета при полете по маршруту и при заходе на посадку по равносигнальной линии глиссады. Таким образом работа актуальна, поскольку «СТУ-продольный канал» позволяет прогнозировать характер движения самолета на маршруте и заходе на посадку в различных условиях полета до проведения летных испытательных испытаний.

Список используемых источников:

1. Воробьев В.Г., Кузнецов С.В. Автоматическое управление полетом самолетов. — М.: Транспорт, 1995. — 448 с.

## **Первичный анализ алгоритмов управления малого космического аппарата в режиме успокоения**

Елпатов А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мурыгин А.В.

АО «РЕШЕТНЁВ», СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, Железногорск

Главной проблемой электромагнитных устройств ориентации является создание паразитного магнитного поля, которое искажает показания магнитометра.

Механизм создания управляющего момента с помощью электромагнитных устройств описывается векторным произведением.

Электромагнитное устройство представляет из себя катушку с сердечником, которая создает магнитное поле, а магнитометр — устройство, которое измеряет магнитное поле [1].

Для оценки помех электромагнитных устройств необходимо сравнить их с магнитным полем Земли, которые приведены в ГОСТ25645.126-85.

Проведено моделирование, в основу которых был взят закон Био-Савара-Лапласа, для катушек создающих электромагнитный момент  $15 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ , и получены результаты.

Магнитное поле Земли на рассматриваемой точке орбиты соизмеримо с паразитным магнитным полем. Для того, чтобы точность ориентации была выше, необходимо компенсировать эти значения [2].

В качестве решения данной задачи предлагается ввести корректировку в алгоритмы управления [3]. Первый вариант решения предусматривает поочередное использование магнитометра и электромагнитных устройств, при котором магнитометр не будет считывать помехи, поскольку во время его работы электромагнитные устройства будут отключены. Преимущество данного алгоритма в том, что он учитывает изменения температуры в космическом пространстве, которое приводит к изменению создаваемого магнитного момента. Недостатками же являются более долгое по времени средне витковое ориентирование.

Второй вариант предусматривает одновременную работу приборов. Во время первого витка будут считываться помехи, а во время второго по этим данным будет использован алгоритм, в котором будут вычитаться помехи из данных магнитометра. Преимущество заключается в более быстром средневитковом ориентировании. Недостатки по сравнению с предыдущим алгоритмом — более долгое ориентирование во время первого витка.

Третий вариант алгоритма предусматривает заблаговременный расчет помех и последующей корректировки во время ориентирования. Преимущество данного алгоритма заключается в простоте расчета и более быстрой средневитковом ориентировании. Главный недостаток — не учитываются температурные изменения, которые приводят к изменению создаваемого магнитного момента [4].

По результатам работы были предложены и рассмотрены преимущества и недостатки трёх алгоритмов работы электромагнитных устройств, для режима успокоения малого космического аппарата.

Список используемых источников:

1. Внуков А.А., Рвачева Е.И. Предпосылки и перспективы создания полностью электрореактивных космических аппаратов для работы на геостационарной орбите // Вестник СибГАУ. 2014. № 4 (56). С. 140–146.
2. Баллистика и навигация космических аппаратов: учебник для вузов / Н.М. Иванов, Л.Н. Лысенко. — 3-е изд. перераб. и доп. — Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 523 с.
3. Системы ориентации космических аппаратов / В. Н. Васильев. — М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. — 310 с.
4. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. «Управление ориентацией космических аппаратов», Изд-во: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1974, 600 стр.

## **Навигационный комплекс среднемагистрального авиалайнера с функцией реконфигурации корректоров**

Жохов М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.

МАИ, Москва

Развитие современных видов транспорта, а также ряд прикладных задач, связанных с определением параметров движения объектов, выдвигают комплекс новых требований по точности и надежности получения информации о координатах, скорости, ориентации воздушных судов (ВС). Новые условия полетов, такие как сокращение норм эшелонирования, необходимость выдерживания жестких графиков полетов в любых условиях, плотный транспортный трафик в воздушном пространстве в районах крупных аэропортов и ряд других причин, выдвигают новые требования к точности навигационных определений на всех этапах полета. Помимо требований к точности все чаще предъявляются требования по таким параметрам как целостность, доступность и непрерывность

обеспечения навигационной информацией. Решить такой комплекс задач возможно только при использовании на борту большого объема разнородной навигационной информации на различных этапах полета.

В современных условиях по целому ряду причин ядром навигационного комплекса ВС является инерциальная навигационная система (ИНС), которая обладает рядом уникальных свойств, таких как автономность, высокая частота передачи параметров ориентации и навигации, и информативность [1]. Однако у ИНС есть существенный недостаток — неограниченный рост ошибок в определении ориентации и координат со временем [2]. Для того, чтобы устранить накапливающиеся ошибки, необходимо использовать различные корректирующие устройства, например, спутниковые навигационные и радиотехнические системы. Особенностью рассматриваемой задачи является то, что на различных этапах полета могут потребоваться различные корректоры по причине различных требований в конкретном воздушном пространстве. Кроме этого, в процессе полета один или несколько корректоров могут стать недоступны или отказать, что приведет к деградации свойств бортового комплекса. Учитывая это, следует предусмотреть возможность реконфигурации структуры корректирующих средств.

В докладе приводятся логические алгоритмы перестройки структуры корректоров бортового навигационного комплекса для различных сценариев полета ВС. При этом основным критерием выбора корректирующего средства является его расчетная точность в данных условиях полета. Строятся оптимальные процедуры оценивания ошибок бортовых систем в различных вариантах конфигурации корректоров

Приводятся результаты имитационного моделирования процесса реконфигурации структуры корректоров на различных этапах полета и для различных сценариев работы корректирующих средств. Показаны основные характеристики — точность и время сходимости оценок — разработанных алгоритмов как в условиях маршрутного полета, так и в процессе посадки.

Список используемых источников:

1. Б.С. Алёшин, А.А. Афонин, К.К. Веремеенко и др. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 424 с.
2. Помыкаев И.И., Селезнев В.П., Дмитроченко Л.А. Навигационные приборы и системы. Уч. пос. для вузов./ Под ред. И.И.Помыкаева. — М.: Машиностроение, 1983. — 456 с.

## **Сравнение методов решения навигационной задачи с помощью ГНСС и алгоритма инерциальной навигации**

Киселёв Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Симонов В.Л.

МАИ, Москва

Целью работы является сравнение показаний линейных скоростей, широты, долготы и высоты, полученных с помощью приёмника ГНСС и решением алгоритма ориентации бесплатформенной ИНС.

Сбор данных, которые подтвердились сравнению, проведён в ходе полета БПЛА, на котором были установлены инерциальный модуль ГКВ-5 и спутниковый навигационный приёмник, который работал в режиме RTK.

Информация от ГНСС записана в виде массивов. Она включает в себя векторы скорости по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  в системе координат приёмника, высоту, широту и долготу.

Информация от инерциального модуля также записана в виде массивов и содержит показания акселерометров по трём осям и показания датчиков угловых скоростей также по трём осям.

Реализация алгоритма ориентации бесплатформенной инерциальной навигационной системы на основе модифицированного матричного уравнения Пуассона проведена путём программирования в среде Matlab. Программа состоит из блоков определения исходной

информации для выработки выходных данных, решения задачи ориентации, преобразования сигналов акселерометров, выделения из сигналов акселерометров полезной информации, интегрирования сигналов акселерометров, вычисления текущих значений угловой скорости вращения географического сопровождающего трёхгранника и решения навигационной задачи (определение широты, долготы и высоты).

Блок определения исходной информации для выработки выходных данных содержит определение первичных параметров, измеренных акселерометрами и датчиками угловых скоростей. Здесь определены составляющие вектора кажущегося ускорения и вектора угловой скорости вращения связанной системы координат.

Определение ориентации инерциального измерительного модуля достигнуто с использованием данных блоков гироскопов. Проведено интегрирование кинематических уравнений вращательного движения объекта на каждом шаге поиска решения с целью вычисления матрицы ориентации. Для решения поставленной задачи используется модифицированное уравнение Пуассона.

С помощью найденной матрицы ориентации проведено преобразование сигналов акселерометров на каждом шаге решения задачи. Для выделения полезной информации с датчиков из сигналов вычитаются кориолисово и переносное ускорения точки расположения акселерометров на объекте и составляющие вектора ускорения сила тяжести. В качестве модели формы Земли выбран эллипсоид Красовского.

Далее на каждой итерации решения найдены линейные скорости объекта в навигационных осях, вычислены текущие значения угловых скоростей вращения географического сопровождающего трёхгранника по данным о линейной скорости и решается навигационная задача.

Построены графики среднего квадратического отклонения линейных скоростей, широты, долготы и высоты, информация о которых получена от приёмника ГНСС и с помощью решения навигационного алгоритма по имеющимся данным от акселерометров и гироскопов. По графикам проведён сравнительный анализ вышеприведенных величин.

Список используемых источников:

1. Дмитроченко Л.А. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Издательство МАИ, Москва, 1984.

## **Разработка интеллектуальной системы управления для БЛА**

Кобзева И.А.

Научный руководитель — Лельков К.С.

МАИ, Москва

Одной из процедур технического обслуживания воздушных судов (ВС) является транзитная проверка — визуальный технический осмотр, выполняемый перед каждым вылетом ВС. В настоящее время эта процедура выполняется вручную, занимает много времени и подвержена существенному влиянию человеческого фактора. Кроме того, существует большое количество дефектов наружной поверхности ВС, которые невозможно определить невооружённым глазом. В тоже время, эти дефекты могут оказывать влияние на сохранность ВС, а, в перспективе, даже привести к аварийным ситуациям в процессе его полета.

Для решения этой актуальной проблемы в МАИ разрабатывается роботизированный комплекс, включающий беспилотный летательный аппарат (БЛА) и наземный колесный робот (НКР), соединённые управляемым гибким тросом. Применение такого роботизированного комплекса позволит не только повысить качество процедуры транзитной проверки ВС, но и полностью её автоматизировать. Одним из важнейших этапов разработки такого комплекса является создание интеллектуальной системы управления для обеспечения эффективного и синхронного движения БЛА и НКР вокруг ВС в процессе реализации процедуры транзитной проверки.

В работе представлены результаты разработки интеллектуальной системы управления для БЛА мультироторного типа, входящего в состав роботизированного комплекса. Эта система управления реализует:

- Разработанные алгоритмы автоматического управления траекторным движением БЛА;
- Синхронизацию перемещений БЛА и НКР в процессе осмотра ВС посредством реализации бинарного протокола обмена данными между роботами;
- Интерфейс программного обеспечения, обеспечивающий отображение текущих параметров телеметрии БЛА, НКР и комплекса в целом в режиме реального времени.

Результаты экспериментальных исследований роботизированного комплекса подтвердили эффективность принятых научно-технических решений в части разработки интеллектуальной системы управления для БЛА.

Список используемых источников:

1. Revolutionize Industries with your Game-Changing App — URL:<https://developer.dji.com/windows-sdk/> (дата обращения 03.03.2023)

2. Интеллектуальная система управления роботизированным комплексом / Б. С. Алёшин, И. А. Кобзева, К. С. Лельков, А. И. Черноморский // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации. 2022. С. 29.

### **Поддержание режима орбитальной ориентации космического аппарата без накопления кинетического момента гиросистемы**

Коломиец Е.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Игнатов А.И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Рассматриваются два варианта реализации режима орбитальной ориентации космического аппарата. Поддержание орбитальной ориентации космического аппарата можно осуществить с помощью различных исполнительных органов системы управления — это могут быть: электрореактивные двигатели, электромагнитные органы управления, а также гиросистема (комплекс двигателей-маховиков или силовых гироскопов). В данной работе рассмотрены законы управления, позволяющие поддерживать достаточно точную орбитальную ориентацию аппарата в окрестности его устойчивого и неустойчивого положений гравитационного равновесия с помощью гиросистемы [1].

При использовании гиросистемы одним из критериев эффективности ее функционирования является скорость накопления собственного кинетического момента [2]. Эта скорость должна быть достаточно малой, чтобы обеспечить продолжительные отрезки невозмущенного полета космического аппарата (т.е. без проведения разгрузок гиросистемы). В данной работе рассматриваются законы управления вращательным движением аппарата позволяющие не только поддерживать его орбитальную ориентацию в окрестности устойчивого и неустойчивого положений равновесия продолжительное время, но и ограничивающие накопление кинетического момента гиросистемы.

Полная математическая модель движения космического аппарата по геоцентрической орбите представлена системой уравнений, состоящей из двух подсистем. Первая подсистема описывает орбитальное движение аппарата с учетом нецентральности гравитационного поля Земли и сопротивления атмосферы. Переменными служат компоненты геоцентрического радиуса-вектора и вектора скорости центра масс аппарата в гринвичской системе координат. Нецентральность поля учитывается с точностью до членов порядка (32,32) включительно в разложении гравитационного потенциала Земли в ряд по сферическим функциям. Атмосфера считается вращающейся вместе с Землей, ее плотность рассчитывается согласно модели ГОСТ Р 25645.166-2004.

Вторая подсистема уравнений образована уравнениями, выражающими теорему об изменении кинетического момента космического аппарата в его движении относительно центра масс, кинематическими уравнениями Пуассона и уравнениями, описывающими изменение собственного кинетического момента гиросистемы. В уравнениях, выражающих

теорему об изменении кинетического момента, учитываются гравитационный и аэродинамический моменты.

Уравнения вращательного движения космического аппарата можно упростить, отбросив второстепенные факторы. Полагаем, что орбита аппарата — круговая и неизменна в абсолютном пространстве, из внешних моментов на аппарат действует один лишь гравитационный момент. В этом случае упрощенная система уравнений вращательного движения аппарата имеет 24 стационарных решения. Эти решения описывают положения равновесия (покой) аппарата в орбитальной системе координат. Соотношения между моментами инерции аппарата определяют устойчивость или неустойчивость полученных стационарных решений. Полученную систему уравнений можно линеаризовать в окрестности любого из положений равновесия.

В работе показано, что линеаризованная в окрестности устойчивого или неустойчивого положения равновесия космического аппарата система уравнений его вращательного движения разбивается на две независимые подсистемы третьего и шестого порядков [1]. Предложены законы управления кинетическим моментом гиросистемы обеспечивающий трехосную орбитальную ориентацию космического аппарата в окрестности его устойчивого и неустойчивого положений равновесия [1]. Приведены некоторые аналитические зависимости для выбора коэффициентов указанных законов, обеспечивающие достаточно большую степень устойчивости линеаризованной системы третьего порядка. Для линеаризованной системы шестого порядка приводятся результаты численного расчета коэффициентов закона управления, основанного на методах математической теории автоматического управления, в частности, с помощью решений алгебраического матричного уравнения Рикатти.

Приведены результаты численного моделирования полной системы уравнений движения космического аппарата, которые показали, что предложенные законы управления и выбранные значения соответствующих коэффициентов обеспечивают достаточно точную стабилизацию космического аппарата в окрестности как устойчивого, так и неустойчивого положения равновесия, при этом собственный кинетический момент гиросистемы близок к нулю и практически не увеличивается на всем отрезке времени моделирования.

Список используемых источников:

1. Игнатов А.И., Сазонов В.В. Реализация режима орбитальной ориентации искусственного спутника Земли без накопления кинетического момента гиросистемы. Известия РАН. Теория и системы управления, 2020, №1, с. 129-142.
2. Игнатов А.И. Выбор геометрических параметров расположения системы двигателей-маховиков при управлении вращательным движением космического аппарата. Известия РАН. Теория и системы управления, 2022, №1, с. 124-144.

### **Блок чувствительных элементов для измерительно-вычислительного комплекса системы управления ЛА**

Маньшина Ю.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.

МАИ, Москва

Приборы управления и навигации, построенные на базе микромеханических гироскопов и микромеханических акселерометров, получили широкое распространение в аэрокосмических системах благодаря таким преимуществам как высокая надежность работы — технический ресурс не менее 40000 часов, чрезвычайно малое энергопотребление — в пределах нескольких ватт и миниатюрные размеры.

В настоящее время существует большое количество микромеханических приборов таких как:

- Одноосные датчики угловых скоростей;

• Трехосные измерители параметров движения — угловых скоростей и линейных ускорений, использующиеся в системах управления, например, для легких самолетов или для среднемагистральных авиалайнеров (МС-21);

• Трехосный микромеханический датчик угловых скоростей с аналоговым выходом информации, например, для комплексной системы управления учебно-тренировочных самолетов.

Разработанные приборы предназначены для комплексных пилотажных систем управления широкого класса летательных аппаратов: самолетов и вертолетов гражданского и военного применения, беспилотников, крылатых ракет. Также, они могут быть с успехом использованы и в космических системах, в наземных и морских перемещающихся объектах.

В докладе рассматривается вариант модернизации блока чувствительных элементов (БЧЭ), построенного на микромеханических гироскопах и акселерометрах, и входящего в состав системы управления летательного аппарата (СУЛА). Основные направления предлагаемой модернизации — переход на отечественную приборную базу и создание избыточности измерений, за счет внесения изменений в число и конструктивное расположение чувствительных элементов. Рассмотрены варианты замещения зарубежных составляющих данного блока на отечественные, которые не отстают по своим характеристикам импортным датчикам. Проведен анализ предложений российских предприятий в области микромеханических акселерометров и гироскопов, обоснован выбор возможных датчиков.

Основной целью доклада является исследование возможных вариантов повышения надежности БЧЭ и его точностных характеристик. Предлагается несколько подходов к созданию избыточности:

1) минимальная избыточность при использовании лишь одного дополнительного датчика в каждой тройке измерителей (гироскопов и акселерометров);

2) резервирование по осям чувствительности датчиков;

3) комбинированный вариант создания избыточности.

Приводятся результаты расчетов характеристик БЧЭ для различных вариантов создания избыточности и дан сравнительный анализ предлагаемых схем создания избыточности.

Список используемых источников:

1. Веремеенко К.К. и др. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 — 424 с.

2. Труды московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). Выпуск 12. Навигация и управление летательными аппаратами. Под общей редакцией д.т.н. А.Г. Кузнецова, Москва 2016. — 64 с.

3. Кравченко Е.Г. Надежность технических систем в машиностроении: учеб. пособие / Е.Г. Кравченко. — Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014. — 126 с.

4. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. — 304 с.: ил.

## **Разработка прототипа алгоритма уточнения эфемерид для перспективного высокоорбитального сегмента системы ГЛОНАСС**

Мартынов Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кружков Д.М.

МАИ, Москва

К 2030 году планируется развертывание высокоорбитального сегмента системы ГЛОНАСС, задачей которого является улучшение доступности и качества навигационного поля для потребителей. В связи с тем, что требования к полезной нагрузке и характеристикам навигационных космических аппаратов (НКА) на сегодняшний день продолжают возрастать, особенно в части точности эфемерид и часов, вероятнее всего к

моменту запуска первых НКА ВКК они будут еще более трудновыполнимыми. В современной обстановке немаловажной задачей является также и обеспечение возможности автономной работы спутникового сегмента без загрузки данных с наземного комплекса управления, что приводит к необходимости предусмотреть для перспективного сегмента ВКК ряд дополнительных мероприятий в обеспечение поставленных задач.

Переход на автономный режим работы навигационного космического аппарата в первую очередь затруднен ростом на борту ошибок прогнозируемых и передаваемых в составе навигационного кадра потребителю эфемерид НКА в связанной с землей системе координат [1]. Рост ошибок эфемерид при этом обусловлен неточностью применяемых бортовых моделей движения центра масс НКА и ухудшением знания параметров вращения Земли на борту, необходимых для перевода из инерциальной системы координат (ИСК), в которой осуществляется расчет эфемерид, в земную СК.

Для сдерживания роста ошибок бортовых эфемерид НКА, включающих положение центра масс НКА в ИСК и компоненты скорости в ИСК, предлагается применять алгоритм их уточнения на основе обработки измерений взаимных дальностей между парами взаимовидимых НКА. Подобный алгоритм был описан ранее для функционирующего средневисотного сегмента системы ГЛОНАСС [2]. Данный вариант алгоритма не подходит для эллиптической орбиты высокоорбитального сегмента в следствии того, что выражения, применяемые для процедуры оценивания, линеаризованы в окрестности круговой орбиты.

В связи со изложенным был разработан и описан прототип бортового алгоритма уточнения эфемерид НКА ГЛОНАСС ВКК, построенный на основе использования метода наименьших квадратов по полной выборке. В алгоритме оцениваются поправки к начальным условиям движения НКА в оскулирующих элементах: истинной аномалии, аргументу перигея, большой полуоси, эксцентриситету, но без элементов, определяющих положение плоскости орбиты: наклонения и долготы восходящего узла. Это связано в первую очередь с тем, что существенной ошибкой при уточнении эфемерид по межспутниковым измерениям дальности является составляющая, отвечающая за вращение созвездия. Это вызвано фактом снижения точности ее прогноза с течением времени и ненаблюдаемости данной ошибки по МСИ [3].

Предложенный алгоритм был промоделирован на ЭВМ. Анализ работы алгоритма производился путем сравнения результатов интегрирования бортовой и априорной модели моделей движения центра масс НКА. В бортовой и априорной моделях учитывались внешние возмущающие факторы, такие как гравитационного поле Земли с учетом его аномалий, притяжение от Луны и Солнца, ускорение сил солнечного давления. При этом ошибки роста эфемерид в бортовой модели относительно априорных эфемерид обеспечивались наличием дополнительного ускорения, добавленного дополнительно в априорную модель движения. Данное ускорение обусловлено ошибками модели солнечного давления, которые традиционно вносят наибольшую неопределенность в движение НКА [4]. Сеансы межспутниковых измерений дальности моделировались на основе заложенных характеристик бортовой аппаратуры с учетом взаимного положения НКА при проведении встречных измерений.

В результате моделирования алгоритма были получены предварительные оценки точности ухода эфемерид в ИСК для созвездия НКА ГЛОНАСС ВКК на трехмесячном интервале времени, которые составили до 5.2 м СКО.

Список использованных источников:

1. Интерфейсный контрольный документ ГЛОНАСС // Редакция 5.1, 2008; URL: [https://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/ICD\\_GLONASS\\_rus\\_v5.1.pdf](https://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/ICD_GLONASS_rus_v5.1.pdf), дата посещения 05.02.2023.

2. Бартев В.А., Гречкосеев А.К., Козорез Д.А. и др., Современные и перспективные информационные ГНСС-технологии в задачах высокоточной навигации // Физматлит, 2014 г., С.65–82.

3. M.D. Menn, H. Bernstein, Ephemeris observability issues in the Global Positioning System autonomous navigation // Proceedings of 1994 IEEE Position, Location and Navigation Symposium — PLANS'94.

4. Марков Ю.Г., Михайлов М.В., Почукаев В.Н. Высокоточный прогноз орбит космического аппарата как результат рационального выбора возмущающих факторов // Доклады Академии наук. 2014. Т.457, № 2. С.171-174.

### **Применение режимов cdo/cco и оценка соответствия бортового оборудования точностным характеристикам выдерживания траектории на примере потоков воздушного движения прибытия и вылета аэропорта Внуково**

Мозжухин Д.А.

Научный руководитель — Малыгин В.Б.

МГТУ ГА, Москва

Работа по теме «Применение режимов CDO/CCO и оценка соответствия бортового оборудования воздушных судов точностным характеристикам выдерживания траектории маршрута на примере потоков воздушного движения прибытия и вылета аэропорта Внуково в новой структуре воздушного пространства» посвящена анализу режимов CDO/CCO в новой структуре воздушного пространства, выявлению недостатков при реализации и выработке рекомендаций по их решению. В работе приведены теоретические основы режимов постоянного набора и снижения, произведен анализ существующих схем и разработаны варианты построения схем с применением CDO. В качестве предотвращения возникновения ситуации типа «догон», выработаны предложения по организации ВП и применению современных средств поддержки диспетчеров УВД.

Актуальность работы обусловлена внедрением режимов CDO/CCO при введении в эксплуатацию новой структуры воздушного пространства. Предложенные методы должны повысить эффективность, экономичность и безопасность использования воздушного пространства в процессе использования режимов CDO/CCO.

Операции непрерывного снижения и набора высоты (CDO/CCO) - это методы пилотирования ВС, поддерживаемые соответствующей структурой воздушного пространства и конфигурацией схемы, а также разрешениями службы движения, в результате которых ВС следует по оптимальной траектории полета. Оптимальная траектория обеспечивает экологические и экономические выгоды без какого-либо негативного влияния на безопасность полетов.

Полет в режиме постоянного снижения (Continuous descent operation, CDO) начинается в точке начала снижения и использует профили снижения, которые позволяют уменьшить количество участков горизонтального полета, шум, потребление топлива, эмиссию и объем связи «диспетчер-пилот» и при этом расширить возможности в плане прогнозирования траектории и повысить стабильность полета. Снижение, начатое с наивысшей возможной точки полета по маршруту или прибытия, по прямой, вдоль всей схемы стандартного маршрута прибытия, обеспечит максимальное уменьшение потребления топлива, шума и эмиссии. Количество поворотных пунктов маршрута, горизонтальных участков полета и изменение значений скорости, при использовании CDO, сводится к минимуму. Сокращение числа горизонтальных участков позволяет отказаться от регулирования тягой, за счет чего и происходит уменьшение шум и расход топлива. Заблаговременно упорядочив движение воздушных судов можно увеличить частоту и продолжительность, выполняемых CDO, особенно в периоды высокой плотности воздушного движения. Добиться обеспечения непрерывного снижения при любой интенсивности воздушного движения можно за счет применения новых принципов ОВД, создания комплектов стандартных маршрутов прибытия типа «А» и «В», применения процедур оперативного бокового смещения, а так же применения систем поддержки диспетчера УВД (AMAN/DMAN).

Полет в режиме постоянного набора (Continuous climb operation, CCO) — это полет, обеспечиваемый структурой воздушного пространства, конфигурацией схемы и

процедурами УВД, в процессе которого вылетающее воздушное судно набирает высоту в максимально возможной степени непрерывно, используя оптимальную тягу двигателей, вплоть до достижения крейсерского эшелона. Основой концепции процедуры непрерывного набора высоты является минимизации числа и длительности участков горизонтального полета на этапе набора высоты.

Были разобраны три схемы применения ССО:

- базовая
- улучшенная
- с применением векторения

По данным аэрофотосъёмки компании Джеппесен произведен анализ уровня шума в пределах МУДР/МРДЦ во время пика прибытия и вылета для ВПП 01/19 аэропорта Внуково. Было определено, что применение

режимов CDO/ССО в новых схемах прибытия и вылета из Москвы значительно снижает уровень шума и выбросов CO<sub>2</sub>, также были рассчитаны конкретные значения топлива в тоннах до применения новых схем и после их применения.

Список используемых источников:

1. Doc 9750-AN/963 «Глобальный аэронавигационный план на 2016-2030 гг.» (Международная организация ГА).
2. Doc 10013 «Эксплуатационные возможности уменьшения расхода топлива и эмиссии» (Международная организация ГА).
3. Doc 9993 «Руководство по производству полетов в режиме постоянного набора (ССО)» (Международная организация ГА).
4. Doc 9931 «Руководство по производству полетов в режиме постоянного снижения (CDO)» (Международная организация ГА).

## **Исследования процессов управления ГТД в авиационной гибридной силовой установке**

Морошкин Д.А.

Научный руководитель — Зуев С.А.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Одним из перспективных направлений развития авиационного двигателестроения является создание гибридных силовых установок (ГСУ), в составе которых комбинируется тепловой двигатель и электрический мотор. Это позволяет существенно снизить вредные выбросы и повысить экономичность эксплуатации летательного аппарата (ЛА).

Рассматриваемая в настоящей работе ГСУ последовательного типа включает в себя воздушный винт (ВВ) и электродвигатель, для питания которого используется электрогенератор, приводимый во вращение турбовальным газотурбинным двигателем (ГТД).

Возможным вариантом при выборе ГТД для применения в составе ГСУ в качестве первичного источника энергии являются серийные турбовальные ГТД (ТвГТД), применяемые на современных вертолётах и турбовинтовых самолётах. Основным потребителем энергии в ГСУ является ВВ. Изменение общего шага винта при управлении тягой двигателя последовательно через электродвигатель и электрогенератор вызывает изменение нагрузки на выводном валу ГТД.

В настоящей работе проводится исследование процессов управления ГТД в авиационной ГСУ. В качестве ГТД выбран ТвГТД со свободной турбиной (СТ) и одновальным газогенератором. Мощность данного двигателя на выходном валу на взлётном режиме составляет примерно 2800 л.с.

Целью проводимого исследования является изучение влияния отбора мощности от выводного вала двигателя на привод электрогенератора на характеристики ТвГТД и его системы автоматического управления (САУ).

Основным требованием к работе газотурбинной энергетической установки при изменении электрической нагрузки является поддержание постоянной частоты вращения свободной турбины (СТ) для обеспечения заданных параметров электропитания. На переходных режимах допускается отклонение частоты вращения на величину  $\pm 3\%$  на время не более 3..5 секунд.

Исследование выполнено с использованием всережимной динамической математической модели выбранного ТвГТД. Программа расчёта, реализующая модель двигателя, также включает в себя математическую модель САУ, которая содержит основные контуры управления ТвГТД [1].

Математическая модель позволяет осуществлять расчёт термодинамических параметров рабочего процесса в двигателе, температуры, давления, расхода воздуха и газа, частот вращения роторов, мощности и крутящего момента двигателя, запасов газодинамической устойчивости компрессоров. Расчёты могут быть выполнены во всём диапазоне условий эксплуатации ГТД на установившихся и переходных режимах его работы в интервале их изменения от режима малого газа до максимального режима.

В работе проведено расчётное исследование влияния изменения электрической нагрузки на валу свободной турбины на параметры рабочего процесса ТвГТД в возможном диапазоне скорости изменения нагрузки.

Рассмотрены переходные режимы, вызванные увеличением и уменьшением нагрузки в условиях земли ( $H = 0$ ,  $M = 0$ ) и крейсерского полёта ( $H = 6$  км,  $V = 450$  км/ч).

В переходных процессах, вызванных изменением электрической нагрузки, оценивались забросы и провалы по частоте вращения СТ, температуре газа на входе в СТ, крутящему моменту и мощности на валу СТ, запасам ГДУ компрессоров, а также время переходных процессов.

Результаты моделирования установившихся и переходных процессов ТвГТД при разной скорости изменения мощности, отбираемой на привод электрогенератора, позволили сделать следующие выводы:

- Обеспечивается сохранение допустимых значений параметров рабочего процесса ТвГТД.

- Требования к точности регулирования частоты вращения свободной турбины,  $\pm 3\%$  в переходных процессах, при увеличении и уменьшении нагрузки в наземных условиях ( $H = 0$ ,  $V = 0$ ) и крейсерском полёте ( $H = 6$  км,  $V = 450$  км/ч) выполняются при скорости изменения нагрузки не более 33 %/с.

Список используемых источников:

1. Системы автоматического управления авиационным ГТД: Энциклопедический справочник / Под ред. д.т.н., проф. О.С. Гуревича. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. — 208 с.

## **Программа анализа влияния случайных параметров бортовых датчиков носителей на эффективность применения неуправляемых аэродинамических объектов**

Перов Д.Б.

Научный руководитель — к.т.н. Новиков П.В.

МАИ, Москва

Среди большого количества различных типов летательных аппаратов важное место занимают неуправляемые аэродинамические объекты (НАО), имеющие, в силу своей простоты, широкое практическое применение.

Одним из критериев эффективности применения этих НАО, является точность их приземления. Стремление к повышению точности применения НАО приводит к необходимости использования большого количества дополнительной информации о параметрах движения носителей НАО и самих НАО, об аэродинамических характеристиках НАО, а также о возмущениях, оказываемых на объект при отделении его от носителя.

При решении поставленной задачи проводится анализ влияния случайных параметров бортовых датчиков носителя на конечный участок траектории НАО. Для проведения этого анализа создан программный продукт на языке C++ с использованием фреймворка Qt, позволяющий оценить такое влияние. В программе задаются значения математических ожиданий и дисперсий для углов тангажа, атаки, скольжения, а также для температуры воздуха и для динамического и статического давления. Там же задаётся количество итераций. На выходе созданного алгоритма, после численного интегрирования дифференциальных уравнений движения ЛА, формируется среднеквадратическое отклонение и математическое ожидание продольного и бокового промахов от расчётной точки приземления.

Предлагаемый программный продукт является открытым для добавления иных параметров, от которых также зависит точность применения НАО, но которые не учтены в модели в текущий момент времени. Это случайные параметры атмосферы, бортовой инерциальной навигационной системы, радиовысотомера, лазерного дальномера и т.д.

Список используемых источников:

1. Атмосфера стандартная ГОСТ 4401-81 под редакцией В.С. Бабкиной. — М.: Издательство стандартов, 1981. — 180 с.
2. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. — М.: Издательство «Машиностроение», 1969. — 500 с.
3. Новиков П.В. Объектно-ориентированное программирование: Учеб. пособие к лабораторным работам / Под редакцией проф., д-ра техн. наук О.М. Брехова. — М.: Изд-во МАИ, 2019. — 124 с.
4. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Богодистов С.С. Внешняя баллистика: Учебник для студентов втузов — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1991. — 640 с.

## **Многофункциональная система измерения параметров колебаний**

Полоцкий В.К., Ногтев С.С., Антонов И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

Одной из ключевых задач в современной науке и технике является анализ колебательных процессов. Одним из наиболее распространенных способов их изучения является спектральный анализ. В данной статье мы рассмотрим алгоритм вычисления спектра для перемещений, используя показания акселерометра. В одном из способов вычисления амплитуды колебаний необходимо взять максимальное значение ускорений за определенный период времени. Далее, данное значение усредняется за множество периодов, полученных в течение определенного промежутка времени. При этом вычисляется частота колебаний и тоже усредняется. При этом принимается, что данный колебательный процесс является гармоническим. Поэтому можно связать амплитуду колебаний с амплитудой ускорений и частотой. Однако такой способ имеет большую ошибку, т.к. множество мелких гармоник при осреднении сильно уменьшают

действительную амплитуду колебаний. Амплитуду необходимо вычислять одновременно по нескольким частотам. Это позволяет делать спектральный анализ. Исходным материалом для вычисления спектра перемещений являются показания акселерометра. Идея

заключается в том, чтобы сначала построить частотный спектр ускорений с помощью Быстрого Преобразования Фурье (БПФ). БПФ делается для всей области частот. В дальнейших расчетах берутся только положительные частоты. Затем делается нормализация спектра делением амплитуды спектра на число значений в выборке. Нормализация необходима для того, чтобы значения спектра соответствовали значениям входных данных. Затем находят максимумы действительной части спектра. Далее на основании спектра ускорений строится спектр перемещений, основываясь на взаимосвязи амплитуд гармонического сигнала ускорения и перемещения. Затем находят максимумы действительной части спектра перемещений. Данный спектр показывает амплитуды и

частоты гармоник, отражающих колебательный процесс. Алгоритм вычисления спектра для перемещений, используя показания акселерометра, был протестирован на ряде моделей. Были изучены различные колебательные процессы, такие как колебания пружин, маятников, электронных цепей и других систем. В результате моделирования было показано, что предложенный алгоритм позволяет достаточно точно вычислять спектр перемещений на основе показаний акселерометра.

Список используемых источников:

1. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 400 с.: ил. — (Электроника) ISBN 978-5-9775-3337-9

2. Котельникова А.В, Мясников А.А, Новыш М.А, Пушилин С.В, Сидоренко А.Ю, Цветков А.А, Чемоданов В.Б. Комплексная система измерения волн морской воды в прибрежной зоне / Сборник тезисов докладов XLVII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2021» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). Москва: Издательство «Перо», 2021. — Мб. [Электронное издание]. ISBN 978-5-00189-126-0.

## **Исследование свойств оптико-электронной навигационной системы БЛА на этапе посадки**

Рычков А.С., Азизова А.А.

Научный руководитель — Савкин А.В.

МАИ, Москва

В настоящий момент в основе навигационного комплекса большинства беспилотных летательных аппаратов (БЛА) лежит инерциальная навигационная система (ИНС), которая корректируется при помощи глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Одним из основных недостатков использования ГНСС является низкая помехозащищенность радиоприёмника. Решением этой проблемы может послужить использование оптико-электронной навигационной системы (ОЭНС) в качестве дополнительной измерительной системы. Одним из сложнейших этапов полёта воздушного средства является посадка, которая зачастую осуществляется в ручном режиме, так как для реализации автоматической посадки требуется высокая точность и надёжность навигационного решения.

Основной целью работы является исследование свойств оптико-электронной навигационной системы на этапе посадки.

На кафедре 305 создан лабораторный стенд для исследования свойств путём имитационного моделирования ОЭНС БЛА.

Решение навигационной задачи при помощи ОЭНС можно разделить на три основных этапа: определение внутренних параметров камеры, алгоритм определения световых маяков, алгоритм навигации по визуальным маякам.

Для решения навигационной задачи необходимо составление математической модели камеры, в которой учитываются её технические параметры. Для их определения производится калибровка. Стенд позволяет исследовать различные технологии калибровки и подобрать наиболее подходящий метод для нахождения реальных характеристик и искажений камеры. В ходе анализа возможных методов калибровки за основу была взята фотограмметрическая технология с использованием изображения шахматной доски и функций библиотеки OpenCV. Для анализа и уточнения внутренних параметров камеры при помощи технологии самокалибровки были найдены аналогичные параметры методом, основанным на применении объектива с переменным фокусным расстоянием.

Для определения координат световых маяков на снимке может быть использовано множество алгоритмов обработки изображений. Важными факторами при выборе алгоритма определения световых маяков в бортовых система БЛА является точность, быстродействие и объём вычислительных затрат. Разработанный стенд позволяет выбрать наиболее оптимальный метод исходя из указанных выше критериев. В качестве маяков в стенде

используются светодиоды трёх цветов: зелёный, красный и синий. Для нахождения маяков на снимке используется алгоритм поиска цветового пятна, основанный на наложении цветового фильтра на снимок с подобранными диапазонами параметров hue, saturation, value. Цветовая модель HSV обладает рядом преимуществ перед RGB моделью, таких как имеет более высокую чувствительность к изменению цвета, обладает меньшей чувствительностью к изменениям освещённости.

Третий этап решения навигационной задачи заключается в нахождении решения системы нелинейных уравнений, сформированных на основе последовательного перехода между системами координат, развёрнутых в рамках стенда. Решение системы нелинейных уравнений может быть найдено одним из численных методов, например методом простых итераций, методом Зейделя, методом Ньютона.

Конструкция стенда позволяет проанализировать различные методы на каждом этапе решения навигационной задачи. Позволяет оценить точностные характеристики ОЭНС. Разработанный стенд может применяться для разработки наиболее оптимального алгоритма решения навигационной задачи оптико-электронной системой на этапе посадки.

Список используемых источников:

1. Козырева А.В. О некоторых способах калибровки видеокамеры [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor\\_kas\\_13\\_kozyreva\\_2.pdf](https://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_13_kozyreva_2.pdf), свободный. Яз. рус.
2. Краснопецев Б.В. Фотограмметрия. — М.: УПП «Репрография» МИИГАиК, 2008. — 160 с.
3. OpenCV [Электронный ресурс]: OpenCV modules — Режим доступа: <https://docs.opencv.org/4.x/>
4. Безменов В.М. Фотограмметрия. Построение и уравнивание аналитической фототриангуляции. / Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета КГУ. КГУ, Казань, 2009, 86 с.

## **Особенности идентификации бортовой математической модели двигателя в процессе эксплуатации**

Савинская Н.К.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гольберг Ф.Д.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Одним из направлений совершенствования газотурбинных двигателей является применение в цифровых электронных САУ бортовых термогазодинамических математических моделей двигателей (БММД), встраиваемых в их программное обеспечение (ПО). Они обеспечивают в реальном масштабе времени расчет параметров двигателя, которые могут быть использованы для повышения качества управления двигателем и надежности САУ.

В процессе эксплуатации двигателя его характеристики могут изменяться из-за частичных повреждений, выработки ресурса, и других факторов, таких как обледенение и т.п. В связи с возможным отличием используемых в БММД введенных ранее характеристик узлов двигателя от характеристик узлов реального двигателя в процессе эксплуатации для обеспечения точности расчета модели необходимо осуществлять ее идентификацию в реальном масштабе времени при минимальных вычислительных затратах.

В ЦИАМ разработана методика идентификации встраиваемых в ПО САУ всережимных термогазодинамических математических моделей двигателей, основанная на применении замкнутых контуров с отрицательной обратной связью. Рассогласование ( $\Delta X_i$ ) между рассчитываемыми с помощью математической модели значениями параметров двигателя и измеряемыми (фактическими) значениями этих параметров (частоты вращения роторов  $n_i$ , давления  $P_i$ , температуры  $T_i$ ) сводится к нулю воздействием, представляющим собой величины коррекций ( $\Delta W_j$ ), на определенные характеристики узлов двигателя [1, 2]. Предварительно для двигателя определяются коэффициенты влияния измеряемых

параметров на идентифицируемые неизмеряемые параметры (величина тяги  $R$ , запасы газодинамической устойчивости  $\Delta K_u$ , температура газа перед турбиной высокого давления  $T_g$ ) при воздействии на различные характеристики.

Целью настоящей работы является повышение точности идентификации и сокращение расходов на его реализацию вычислительных затрат. Разработан алгоритм запоминания и хранения величин  $\Delta W_j$  в специальных массивах программы расчета. Определение «ошибок» расчета их фиксация осуществляется только на установившихся режимах работы двигателя.

Такая методика позволяет обеспечивать точность расчета даже в случае неисправной работы датчиков регулируемых параметров или отказа блока идентификации, что повышает надежность этой процедуры. При этом исключается необходимость непрерывной идентификации, что позволит снизить объем вычислительных ресурсов, затрачиваемых на ее работу.

Синтез такого алгоритма идентификации и его отработка проведены с помощью комплекса математических моделей, который включает в себя модель «реального» двигателя типа ТРДД со смешением потоков с большой степенью двухконтурности, бортовую математическую модель двигателя («виртуальный двигатель»), математическую модель универсальной САУ и алгоритмы идентификации с помощью контуров обратной связи. Модели «реального» двигателя и «виртуального двигателя» являются всережимными термодинамическими математическими моделями, представленными аналогичными уравнениями и различающимися только количественными характеристиками узлов двигателя.

Проведено математическое моделирование, в результате которого выполнено сравнение погрешностей расчета с помощью математической модели без ее идентификации и с идентификацией. Погрешность расчета параметров двигателя  $\Delta X_i$  с помощью БММД с идентификацией с применением разработанного алгоритма на установившихся режимах составляет:

- По величине тяги не более 0,012 % (без идентификации 1,7 %);
- По температуре газа перед ТВД не более 0,12 % (без идентификации 3,7 %);
- По запасам ГДУ в относительных значениях не более 1,84 % (без идентификации 15 %);
- По коэффициенту избытка воздуха не более 0,24 % (без идентификации 8,4 %).

Список используемых источников:

1. Гольберг Ф.Д., Петухов А.А. Идентификация бортовой математической модели двигателя // Системы автоматического управления авиационными силовыми установками: сб. научных трудов; под ред. О.С. Гуревича — М.: ЦИАМ, 2020. — С. 61-65.

2. Гуревич О.С., Гольберг Ф.Д., Петухов А.А. Бортовая математическая модель двигателя в составе САУ ГТД для повышения отказоустойчивости и качества управления // Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями: сб. ст / Под ред. О.С. Гуревича — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. — С. 81-90.

## **Сигма-точный фильтр Калмана в задаче оценивания погрешностей комплексных навигационных систем**

Севостьянов Б.С.

Научный руководитель — Савкин А.В.

ПАО «НПО «Алмаз», Щелково

Для получения точного навигационного решения в современной технике применяются комплексные навигационные системы (КНС). Под КНС понимается объединение в единый комплекс различных навигационных систем и датчиков, обеспечивающих избыточность измерений одной физической величины, с последующей ее обработкой. Например, инерциальная навигационная система (ИНС) и глобальная навигационная спутниковая система (ГНС) обеспечивают избыточность измерений по координатам. Применяв алгоритмы обработки данных, можно получить более точно определение местоположение.

Такой подход позволяет компенсировать недостатки присущие различным измерителям, в частности удастся компенсировать главный недостаток инерциальной навигации: накопление погрешностей с течением времени.

Для оценки ошибок отдельных датчиков в рамках КНС часто используется алгоритм комплексной обработки информации (КОИ) на базе оптимального фильтра Калмана (ОФК). Для его реализации необходимо применять линейные модели погрешностей, которые являются некоторым приближением к реальным физическим процессам, происходящим в датчиках, и получаются на основе полных нелинейных моделей погрешностей. Следовательно, одним из путей повышения точности получаемого КНС навигационного решения является применение различных нелинейных модификаций ОФК способных работать с соответствующими моделями.

Обобщенный ФК, extended Kalman filter (ЕКФ) является основным, классическим методом решения задачи нелинейной фильтрации при разработке КНС. В основе использования ЕКФ лежит линеаризация посредством разложения в ряд Тейлора. Использование существенно нелинейных моделей может привести к расхождению фильтра, так как оценки вектора состояния будут неточными из-за накопления погрешности линеаризации [1].

Однако уже давно ведутся исследования современных методов нелинейной фильтрации, где алгоритм сигма-точечного ФК, unscented Kalman filter (UKF) успел хорошо себя зарекомендовать, из-за нового подхода к линеаризации с помощью сигма точечного разложения [2].

Интеграция таких систем как ИНС и ГНСС достаточно изученный метод, поэтому в работе рассматривался именно такой состав КНС. В среде MatLab было проведено математическое моделирование алгоритма жесткосвязанной схемы КОИ КНС навигационного класса точности беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на базе UKF, а также ЕКФ. Так как жесткосвязанная схема КОИ предполагает использование необработанных сигналов в виде псевдодальностей и псевдоскоростей получаемых от ГНСС, то матрица измерений описывается нелинейными уравнениями. Ее применение с алгоритмами UKF, а также ЕКФ стало основой исследования [3]. Матрица динамики соответствовала линейной модели погрешностей инерциальной навигационной системы представленной в [4].

Сравнение алгоритмов КОИ на базе ЕКФ и UKF, показало, что алгоритм UKF не накапливает погрешности линеаризации, что не приводит к потере точности навигационного решения. Для ЕКФ данная ошибка составила 250 м по координатам и 1,5 м/с по скоростям за время моделирования в 2500 секунд. Алгоритм UKF обеспечивает выигрыш в точности оценки навигационных параметров, относительно ЕКФ: прирост составил 17% по координатам и 7% по скоростям. Однако ценой такого увеличения точности является существенное увеличение требуемой вычислительной мощности. Моделирование работы алгоритма UKF осуществляется в три раза дольше чем ЕКФ, а следовательно, требует больших вычислительных ресурсов.

Результат работы позволил количественно оценить выигрыш в точности навигационного решения, полученного с помощью UKF и показал, что разработка алгоритмов КОИ с нелинейными моделями становится проще, так как линеаризация с помощью сигма точечного разложения не требует аналитических вычислений.

Список используемых источников:

1. Julier S. J., Uhlmann J. K., Durrant-Whyte H. F. A new approach for filtering nonlinear systems //Proceedings of 1995 American Control Conference-ACC'95. — IEEE, 1995. — Т. 3. — С. 1628-1632.
2. Van Der Merwe R., Wan E., Julier S. Sigma-point Kalman filters for nonlinear estimation and sensor-fusion: Applications to integrated navigation //Aiaa guidance, navigation, and control conference and exhibit. — 2004. — С. 5120.
3. Антонов Д. А. Бортовой навигационный комплекс повышенной помехозащищённости с переменной структурой для БПЛА : дис. — Моск. гос. авиац. ин-т, 2015.
4. Помыкаев И. И., Селезнев В. П., Дмитроченко Л. А. Навигационные приборы и системы //М.: Машиностроение. — 1983. — Т. 450.

## **Методика оценки дальности и вероятности обнаружения облаков различных форм с помощью метеорологического радиолокационного комплекса**

Суворов С.Ю., Лашманов Д.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Булгин Д.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В настоящее время в практике обеспечения авиации широко используются различные радиолокационные комплексы. Их применение позволяет осуществлять навигацию и управление воздушным движением, а также повысить качество метеорологического обеспечения авиации за счет расширения видов получаемой информации об облаках различных форм и явлениях в атмосфере, что положительно влияет на безопасность полетов. Радиолокационные метеорологические наблюдения позволяют получить информацию о местоположении, микрофизических и метеорологических характеристиках (явления погоды, их интенсивность, фаза выпадающих осадков, данные о высоте верхней и нижней границ облаков) полей облачности и осадков, а также рассчитать скорость и направление перемещения метеообразований, что позволяет осуществить краткосрочное прогнозирование метеорологической обстановки [1].

Дальность радиолокационных наблюдений и вероятность обнаружения различных метеообразований в настоящий момент определяется возможностями радиолокационной техники (метеопотенциалами радиолокаторов) и сильно зависит от решаемых задач и места установки радиолокационных станций [1, 2].

Поэтому, вопрос расчета дальности и вероятности обнаружения облаков различных форм и связанных с ними опасных явлений погоды в условиях естественных и искусственных препятствий является актуальным.

Целью работы является разработка методики оценки дальности и вероятности обнаружения различных форм облачности метеорологическим радиолокационным комплексом ближней зоны (МРЛК БЗ) в условиях искусственных и естественных препятствий.

В работе исследование проводилось для территории города Воронежа и радиуса 150 км от места установки МРЛК БЗ.

В процессе выполнения исследований были решены следующие задачи:

1. Выявлены особенности радиолокационного обнаружения и распознавания облачности различных форм метеорологическим радиолокатором на территории Воронежской области.

2. Определены особенности пространственного распределения радиолокационной отражаемости облачности различных форм и связанных с ними явлений погоды.

3. Рассчитаны дальности обнаружения облачности различных форм метеорологическим радиолокатором.

4. Определены вероятности обнаружения различных форм облаков МРЛК БЗ в зависимости их от удаления и времени года.

5. Разработана методика оценки дальности обнаружения различных форм облачности метеорологическим радиолокатором в условиях искусственных и естественных препятствий.

6. Построены зоны видимости метеорологическим радиолокационным комплексом различных форм облачности в условиях искусственных и естественных препятствий.

7. Проведена апробация разработанной методики на примере МРЛК БЗ, результаты которой показали, что предложенная методика может быть использована в практике метеорологического обеспечения авиации.

8. Разработана программа для ЭВМ.

Таким образом решенные в работе задачи позволят повысить качество получаемой радиолокационной информации и оперативно осуществлять метеорологическое обеспечение полетов авиации, повышая их безопасность.

Список используемых источников:

1. Билетов М.В., Тищенко А.И., Кузнецов И.Е. Радиолокационная метеорология. Часть 1. Основы радиолокационной метеорологии. М.: Воениздат, 2008. 332 с.

2. Метеорологический радиолокационный комплекс ближней зоны МРЛК БЗ. Руководство по эксплуатации. Бортовые аэронавигационные системы. М.: БАМС, 2018. 109 с.

3. Приказ Росгидромета № 95 от 21.06.2004 г. «О внедрении на радиолокационной сети Росгидромета основных технических требований к системе обнаружения опасных атмосферных явлений и штормового оповещения на базе метеорологических радиолокаторов».

4. Атмосфера. Справочник./ Под ред. Седунова Ю. С.// Л.: Гидрометиздат, 1991. 511 с.

## **Определение характеристик оптической ретрорефлекторной антенной системы**

Фокина А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Акентьев А.С.

АО «НПК «СПП», Москва

В настоящее время все средневысотные отечественные навигационные космические аппараты «Глонасс-М», «Глонасс-К», «Глонасс-К2» оснащают панелями уголковых отражателей. Назначение таких панелей заключается в отражении лазерного луча от наземной квантово-оптической станции (КОС) в направлении приемного объектива КОС. Обработка результатов измерений дальности от КОС до навигационного КА позволяет решить задачи по прецизионной калибровке наземных радиотехнических систем траекторных измерений в процессе эксплуатации, а также обеспечения высокоточной координатной основы системы ГЛОНАСС.

Для повышения точности навигационного поля рассматривается вопрос создания высокоорбитального космического комплекса, состоящего из новых космических аппаратов «Глонасс-ВКК» на высоте орбиты 36000 км.

В докладе представлены результаты оценки характеристик оптической ретрорефлекторной антенной системы (ОРАС-ВКК), разработанной для высокоорбитального космического аппарата «Глонасс-ВКК». Предложен вариант конструкции, состоящей из основания, в которое вклеены оптические уголковые отражатели, закрепленные в титановые кольца. Для уменьшения влияния солнечного нагрева на энергетические характеристики уголковых отражателей ОРАС-ВКК на основании изделия закреплена деталь «Маска», покрашенная эмалью «ЭКОМ-1».

Диаграмма направленности уголковых отражателей ОРАС-ВКК имеет вид одного центрального пятна с угловым размером большим величины скоростной аберрации. Уголковые отражатели ОРАС-ВКК в количестве 1002 штук позволяют отразить излучение с энергией, достаточной для регистрации сигнала фотоприемником наземной КОС и получения усредненных результатов измерений дальности со среднеквадратической ошибкой меньше 1 мм.

В докладе рассмотрены результаты механического анализа ОРАС-ВКК (частотный анализ, воздействие квазистатических нагрузок), имитирующего вывод высокоорбитального КА на орбиту. В результате частотного анализа были выявлены резонансные частоты, определены формы колебаний и эффективная масса, а также подтверждено отсутствие резонанса между частями космического аппарата и ОРАС-ВКК. Получены эпюры напряжений, деформации и перемещения. Результаты квазистатического анализа подтвердили, что составные части ОРАС-ВКК обладают запасом прочности, достаточным для сохранности конструкции при выведении КА «Глонасс-ВКК» на орбиту ракетоносителем.

Список используемых источников:

1. Шаргородский В.Д., Васильев В.П. Прецизионная спутниковая лазерная дальнометрия на основе лазеров с высокой частотой повторения импульсов // Электромагнитные волны и электронные системы, No. 7, 2007. P. 6–10.

2. Arnold D.A. Method of calculating retroreflector array transfer function, Cambridge, 09-015-002, 1978.

3. Degnan J.J. Millimeter accuracy satellite laser ranging // In: Contributions of Space geodesy to Geodynamics: Technology. AGU Geodynamics Series, 1993. pp. 133-162.

4. Otsubo T., Appleby M. System-dependent center-of-mass correction for spherical geodetic satellites // JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol. B4, No. 108, 2003. pp. 1-10.

## **Коррекция микромеханической инерциальной навигационной системы мобильного робота от городских радиотехнических сетей**

Чурсин А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.

МАИ, Москва

Вследствие развития мобильных робототехнических устройств, появляется необходимость и в развитии систем, которые позволяли бы с достаточной точностью определять положение объекта, особенно в условиях плотной застройки, когда сигнал от спутниковой навигационной системы (СНС) может искажаться или же не доходить до контролируемого объекта. Надежно решать навигационную задачу городского робота возможно только при использовании комплекса навигационных средств различной физической природы.

В настоящее время центральное место в навигационном комплексе большинства подвижных объектов, и мобильных роботов в частности, занимает инерциальная навигационная система (ИНС)[1]. Она имеет ряд уникальных свойств, характеризующих её широкое применение в сфере использования мобильных робототехнических устройств. Данными свойствами являются информативность, автономность, высокая частота выдачи параметров навигации и ориентации. Однако ИНС присущ хорошо известный недостаток: неограниченный рост ошибок системы в определении параметров движения объекта при автономной работе[2]. Скорость нарастания этих ошибок определяется погрешностями ее датчиков – гироскопов и акселерометров, а также ошибками начальных условий ее работы. С целью устранения накапливающихся ошибок ИНС используется ее коррекция от различных навигационных систем. С учетом использования мобильного робота на территориях с плотной застройкой, где коррекция от спутниковых навигационных систем (СНС) существенно осложнена, целесообразно отдать предпочтение использованию различных городских радиотехнических сетей (РТС). Данное решение позволит повысить точность позиционирования мобильного робота не только снаружи, но и внутри помещений. Сочетание ИНС и РТС в едином комплексе также позволит повысить такой параметр, как надежность позиционирования.

В докладе обосновываются состав и структура навигационного комплекса городского робота, структура его алгоритма, сценарии имитационного моделирования режимов его работы. Строятся алгоритмы логики переключения корректирующих сетей и алгоритмы оптимального оценивания ошибок позиционирования при использовании различных вариантов городских РТС. Приводятся результаты численного исследования свойств разработанного алгоритма оценивания ошибок позиционирования городского робота.

Список используемых источников:

1. Б.С. Алёшин, А.А. Афонин, К.К. Веремеенко и др. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 424 с.

2. Помыкаев И.И., Селезнев В.П., Дмитроченко Л.А. Навигационные приборы и системы. Уч. пос. для вузов./ Под ред. И.И.Помыкаева. — М.: Машиностроение, 1983. — 456 с.

## **Подвижная платформа для сортировки среднегабаритных объектов на основе машинного зрения**

Шаламкова С.С.

Научный руководитель — к.т.н. Макаренкова Н.А.

МАИ, Москва

Сейчас компьютерное зрение можно с уверенностью назвать одной из самых востребованных областей на рынке. Его возможности огромны и до конца не изучены. Также стоит отметить, что человек не всегда способен выполнить ту или иную задачу, ведь он подвержен внешним факторам, таким как жара или холод. Робот же лишен этой проблемы и с легкостью заменит человека. Таким образом, все крупные предприятия стремятся автоматизировать как можно большее количество процессов.

Разработанная подвижная платформа для сортировки среднегабаритных объектов с использованием машинного зрения включает в себя USB-камеру, узел управления движением робота, узел управления манипулятором и узел реализации машинного зрения. Используя данные, получаемые с камеры, пользователь может управлять траекторией движения объекта. Кроме того, с помощью камеры в режиме реального времени происходит выбор объекта с заданной характеристикой посредством компьютерного зрения. Узел управления движением робота включает в себя микроконтроллер, драйвер управления моторами, моторы и Bluetooth-модуль для управления роботом через смартфон. После прохождения этапа дополнительной проверки цвета на манипулятор подается сигнал о том, что объект можно взять и положить в заранее установленную на робота корзину.

Для обеспечения идентификации объектов с заданными характеристиками разработан алгоритм распознавания образов. Работа алгоритма заключается в последовательном выполнении следующих действий: получение кадра с камер, фильтрация кадра, перевод изображения в HSV пространство. Такой перевод необходим, так как данная модель ориентирована на человека и обеспечивает возможность явного задания цвета, она отражает физические свойства цвета и наиболее точно соответствует способу восприятия цвета человеческим глазом. Модель HSV наиболее удобна для цветовой сегментации цветных изображений [1]. Далее происходит бинаризация кадра, то есть перевод в черно-белое изображение [2]. Следующим шагом является определение контуров всех объектов, а затем среди них выделяются объекты с заранее заданными характеристиками. Таким образом, успешно распознаются объекты, которые необходимо отсортировать.

Для решения задачи захвата объекта разработан алгоритм для манипулятора. Работа этого алгоритма заключается в автоматическом поэтапном выполнении последовательности команд, которая заранее задана пользователем, только в том случае, если была успешно пройдена дополнительная проверка цвета объекта. В качестве элемента дополнительной проверки цвета используется датчик цвета, совместимый с выбранным микроконтроллером.

Для того, чтобы платформа была подвижной, на нее установлены двигатели. Разработан и реализован алгоритм движения робота, управление происходит через приложение. Кроме того, используется драйвер управления моторами для контроля скорости и направления движения подвижной платформы. Повороты осуществляются с помощью блокировки двигателей на соответствующей стороне. Используя этот алгоритм, робот становится маневренным и легко управляемым.

В результате данной работы создана подвижная платформа, разработаны соответствующие алгоритмы для управления роботом и захвата объектов, выбор которых происходит посредством машинного зрения.

Список используемых источников:

1. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Бондаренко А. В., Осоков М. В., Моржин А. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий.—М.: Физматкнига, 2010. — 672 с. ISBN 978–5–89155–201–2.

2. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 464 с.

## **Разработка технологического процесса выходного контроля измерительного комплекса давлений**

Шурыгин С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Одной из важнейших информационных систем, входящей в состав бортового оборудования авиационных летательных аппаратов, является измерительный комплекс давлений, который в течение длительного времени в виде ряда модификаций выпускается АО Второй Московский приборостроительный завод. Данный комплекс служит для

измерения абсолютных и избыточных давлений жидких и газовых сред в магистралях летательных аппаратов и выдачи сигналов в виде напряжения постоянного тока, пропорциональных измеряемому давлению. За годы их производства приборы серии ИКД претерпели ряд изменений, и в настоящее время выпускаются комплексы серий ИКД27 и ИКДР.

Измерительный комплекс давлений состоит из взаимосвязанных чувствительного элемента, узла плат и индуктивного узла. Чувствительный элемент предназначен для получения первичной информации, узел плат и индуктивный узел служат для преобразования первичной информации в электрический сигнал постоянного тока, пропорциональный измеряемому давлению. Измерительные комплексы серии ИКДР срабатывают и выдают соответствующий сигнал при превышении заданного им давления.

Неотъемлемой частью технологического процесса производства данных измерительных устройств является выходной контроль их технических параметров, который осуществляется на специализированном рабочем месте.

В докладе рассматриваются структура и принцип действия измерительного комплекса давлений, анализируются его технические характеристики, излагается последовательность основных операций процесса выходного контроля ИКД, определяющих качество его функционирования в составе бортового оборудования летательных аппаратов.

## Секция №3.2 Вычислительные системы, сети и информационные технологии

---

### Проверка техники безопасности на основе обработки видео

Абдаллах Х.Х.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Одной из главных гарантий безопасности рабочих в шахте является соблюдение правил ношения средств индивидуальной защиты (СИЗ), чаще всего каска и жилет. В связи с большой загруженностью рабочих бывают случаи, когда эти правила не соблюдаются.

В данный момент основным методом проверки соблюдения техники безопасности является мониторинг одним человеком множества камер одновременно. Также существуют каски со встроенными GPS и гироскопом, однако, на данный момент они лишь способны определять время нахождения в опасной зоне и случаи падения в шахте работника. Так как у наблюдения за людьми имеются свои недостатки, требуется более оптимальный мониторинг камер наблюдения.

В решении похожих промышленных задачах используются различные математические методы: метод k-ближайших соседей и другие. Эффективнее всего для мониторинга уличных камер на соблюдение правил дорожного движения в некоторых странах показали себя различные свёрточные нейронные сети (СНС).

Для решения данной задачи была выбрана архитектура свёрточной нейронной сети — YOLOv7. Это архитектура для обнаружения объектов, сегментации объектов и оценки позы человека, в разработке которой участвовало большое количество человек со всего мира[1]. Эта архитектура является лидером в области обнаружения объектов в режиме реального времени. Ближайшие соперники сильно устарели, в то время как многие разработчики привносят инновационные идеи в области компьютерного зрения в YOLO в попытках превзойти предыдущую версию[2].

Разработка программного комплекса мониторинга нахождения сотрудников в шахте с использованием этой нейронной сети позволило в реальном времени отслеживать присутствие на кадре людей с касками и без касок с любой заданной частотой проверки, чтобы сверять результаты по нескольким проверкам и при этом не нагружать систему, так как одновременно будут обрабатываться множество камер.

В ходе решения данной задачи были получены результаты, которые оценивались метрикой mAP. Её значения доходят вплоть до 0.72 из 1, что является очень хорошим показателем. Мониторинг с помощью данной СНС является более эффективным по сравнению с другими аналогичными нейронными сетями и другими методами слежения за соблюдением правил ношения средств индивидуальной защиты, что значительно повышает уровень безопасности в шахте.

Список используемых источников:

1. YOLOv7: Trainablebag-of-freebiesetsnewstate-of-the-artforreal-timeobjectdetectors [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 24.02.2023 — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2207.02696>

2. ObjectDetectionin 2023: TheDefinitiveGuide [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 26.02.2023 — Режим доступа: <https://viso.ai/deep-learning/object-detection/>

## Highload-система потоковой обработки данных для Big Data на базе Apache Spark Streaming

Аминов С.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ненахов Е.В.

МАИ, Москва

Основной ценностью 21-го века является информация, она в свою очередь имеет свойство устаревать. Потоковые системы обработки данных предназначены для работы с информацией, которая устаревает за секунды, например, данные о геолокации человека для перестроения маршрута навигатором. В сфере больших данных скорость обработки этих самых данных является важнейшим параметром, но не стоит забывать и о времени, за которое разработчики реализуют систему при получении нового технического задания или изменении его, ведь все мы знаем, что время — деньги. Цель моей работы заключалась в создании системы с возможностью конфигурирования без вмешательства в исходный код и способную в зависимости от конфигураций, установленных пользователем, выполнять только указанные действия над данными. Таким образом я хотел получить универсальное средство потоковой обработки данных.

Передо мной стояли следующие задачи:

- Реализовать конвейер данных для фильтрации, трансформации и удаления повторений.
- Реализовать базу данных конфигураций на PostgreSQL.
- Создать для пользователя интерфейс для управления жизненным циклом конвейера.
- Настроить тестовый ввод и вывод больших данных.

Основой программы был выбран Apache Spark Structured Streaming, как современный фреймворк обработки данных, с большим количеством пользователей и регулярными обновлениями. В качестве языка программирования я выбрал Java, в основном из-за опыта работы с ним. По той же причине для написания базы данных конфигураций был использован PostgreSQL. На вход было решено подавать строки формата JSON, как одного из самых популярных.

В основном классе программы был реализован таймер, который в равные интервалы времени получает значения из конфигурационной базы данных. Взаимодействие с базой данных осуществляется с использованием библиотеки JOOQ. Таким образом операции, выполняемые над данными, могут быть изменены во время работы программы. Для фильтрации в базе данных может быть указано несколько параметров с логическими операторами «И», «ИЛИ», из которых можно сделать выражение для фильтрации данных. В процессе трансформации данных из строки удаляются ненужные поля. Поля, которые необходимо сохранить, записываются в конфигурационную базу данных в текстовом формате. Тем самым мы получаем универсальную трансформацию данных по полям, так как названия полей находятся не в исходном коде и могут быть изменены динамически. Для работы с удалением повторов было решено создать вторую базу данных для хранения обработанных значений и времени, когда они были обработаны. В фоновом режиме работает отдельный поток, который в заданный интервал времени проверяет актуальность хранимых объектов. Элемент удаляется из базы данных если время его жизни истекло (TTL- Time To Live).

Таким образом была получена универсальная система обработки данных, в которой можно, прямо во время работы, установить необходимые фильтры, поля для удаления повторов и вывода. Наличие данной системы может сохранить время при начале работы над новым проектом, с новыми данными. В дальнейшем возможно расширение функционала и создание удобного интерфейса, чтобы даже не связанный с программированием пользователь мог работать с системой.

Список используемых источников:

1. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство. // Изд-во Вильямс, 2023, 1344 с.
2. Сэни Риза, Ури Лезерсон, Шон Оуэн, Джош Уиллис. Spark для профессионалов: современные паттерны обработки больших данных. // Изд-во Питер, 2017, 280 с.

3. Ния Нархид, Гвен Шапира, Тодд Палино. Apache Kafka. Поточковая обработка и анализ данных. // Изд-во Питер, 2019, 320 с.

4. Мартин Клеппман. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка. // Изд-во Питер, 2019, 640 с.

### **Сравнение эффективности различных алгоритмов рекомендаций семантически схожих документов**

Бабичева А.Д.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Горяинов А.В.

МАИ, Москва

Рассматривается система рекомендаций документов, семантически близких запросу пользователя. По запросу пользователя ожидается, что будет получен список ранжированных документов, где первый документ является наиболее близким запросу по семантике, а каждый последующий имеет меньшую семантическую близость, чем предыдущий. При этом запросы в системе отличаются юридической спецификой являются описанием какого-либо правового случая.

Для системы решаются задачи оценки ее работоспособности на основе анализа поведения пользователей, нахождения способов оценки качества алгоритмов рекомендаций в условиях отсутствия разметки данных, построения алгоритмов рекомендаций и их сравнения.

Для решения задачи оценки работоспособности системы проверяется статистическая гипотеза, что рекомендации в одинаковой степени хороши для различных типов запросов. Для этого используются прямые и косвенные оценки пользователей системы. Прямая оценка — ответ на вопрос, подходит ли документ запросу. Косвенной оценкой считается открытие документа.

Рассматриваемая задача построения рекомендаций — задача ранжирования. Обычно для оценки качества построенных алгоритмов в такой задаче используется специальная разметка, в которой наборы документов по каждому запросу ранжированы в правильном порядке. Однако такая разметка отсутствует при решении задачи, поэтому предлагаются альтернативные методы оценки качества на основе прямых оценок пользователей.

В качестве алгоритмов рекомендаций рассмотрены как модели, основанные на пересечении слов, так и модели машинного обучения, основанные на архитектуре BERT. Алгоритмы, основанные на пересечении слов, используют сами слова и статистическую информацию о частотности слов запросов и документов. В моделях машинного обучения рассматриваются тексты запросов и документов в целом. Текст преобразовывается в семантический вектор заданной размерности, получаемый с помощью языковой модели. На основе информации, извлекаемой из пары векторов запроса и документа, строятся модели классификации, по показателям которых происходит ранжирование документов. Также производится ранжирование по мере близости текстовых векторов.

### **Анализ и прогноз интегрального риска промышленной безопасности**

Беликов И.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Деятельность каждого опасного производственного объекта неразрывно связана с большим количеством технических сложного и опасного оборудования, которая сопровождается возможностью возникновения масштабных аварий. В связи с этим, появилось целое направление человеческой деятельности — Промышленная безопасность. Проблема обеспечения промышленной безопасности наиболее подверженных рискам аварий и чрезвычайных ситуаций в последнее время становится всё актуальней.

Для минимизации подобных инцидентов Правительство РФ внесла изменения в Федеральный закон, которые обязуют оснащать производственные объекты I и II класса

опасности системой дистанционного мониторинга. Это включает в себя использование технических и программно-аппаратных систем, которые обеспечивают оперативную оценку рисков и прогнозирование возможности возникновения аварийных ситуаций на предприятиях. Внедрение систем позволяет определять безопасность, контролировать состояние технических устройств и регистрировать аварии и инциденты на ОПО.

Основным преимуществом системы является дистанционный мониторинг состояния устройств в режиме реального времени, автоматизированная онлайн оценка риска возникновения аварий, а также обнаружение на ранней стадии потенциально опасных событий. С помощью такого программного обеспечения достигается высокий уровень безопасности на предприятиях, а также осуществляется переход на риск-ориентированный подход.

Такой подход подразумевает способ организации государственного контроля, при котором мероприятия по контролю и профилактики нарушений обязательных требований, а также частота их проведения определяется в зависимости от класса опасности, установленным на основе Федерального закона.

Использование дистанционного контроля является ключевым критерием при риск-ориентированном подходе, который является руководящим принципом при обеспечении безопасности на ОПО. Такая парадигма подразумевает анализ и прогнозирование опасностей промышленных аварий, оценку риска и возможных последствий аварий на опасных производственных объектах для недопущения возникновения более масштабных катастроф.

По статистике, вероятность возникновения таких событий, которые сопровождаются гибелью людей и нанесением урона экологии Земли, постоянно возрастает. По прогнозам МЧС РФ, в ближайшем будущем на территории России будет происходить большое количество чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Актуальность темы заключается в том, что прогнозирование и оценка риска промышленных аварий являются критически важной составляющей на опасных производственных объектах. Усовершенствованная система дистанционного контроля позволяет предотвратить или минимизировать последствия таких аварий.

### **Формализация задачи нанесения водяного знака для структурированного звукового потока**

Белоусов А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Введение

Нанесение «водяных» знаков применяется с целью:

- Защиты авторских прав правообладателя на определённую информационную продукцию;
- Подтверждение целостности и подлинности информационной продукции, обнаружение целенаправленных искажений информации.

В контексте аудиофайлов, на текущий момент существует множество различных алгоритмов нанесения «водяных» знаков. Несмотря на то, что в основе данных алгоритмов лежат разные идеи и способы нанесения, они обладают общим свойством: места внесения изменений в параметры аудиосигнала являются однозначно детерминированными.

В работе рассматривается формальная постановка задачи нанесения нестационарного «водяного» знака, где данная нестационарность предопределяется нестационарностью последовательности структур [1], которые в свою очередь отражают нестационарность самого потока значений. Благодаря нестационарному нанесению «водяных» знаков обеспечивается высокий уровень гарантии от возможности вскрытия содержимого водяного знака.

Формальная постановка задачи

В качестве входных аргументов передаётся исходный звуковой поток  $S$ , представленный последовательностью значений амплитуд и водяной знак  $A$ , использующего общепринятую кодировки. В результате применения процедуры структуризации [2] к звуковому потоку  $S$  на выходе получаем последовательный набор характерных точек  $U$ , представленных в виде структуры (унипримов).

Полученный набор  $U$  подаётся на вход процедуре нанесения водяного знака. В данной процедуре происходит восстановление значений амплитуд звукового потока  $S$  из полученных ранее характерных точек  $U$ , который далее будем обозначать как восстановленный звуковой поток  $R$ . Значения восстановленного звукового потока  $R$  приблизительно равны значениям исходного звукового потока  $S$ .

После преобразования водяного знака  $A$  происходит процедура нанесения водяного знака на восстановленный звуковой поток  $R$ . Результатом нанесения является модифицированный звуковой поток  $W1$ , куда был нанесён водяной знак. Надстрочный «суффикс»  $l$  обозначает используемую размерность кода. Нанесения происходит в потенциальные точки для нанесения водяного кода, в которые при нанесении не нарушается структурность потока, т. е. применение процедуры структуризации к исходному потоку  $S$  и  $W1$  даст одинаковый набор характерных точек  $U$ . Нестационарность нанесения значений водяного знака обеспечивается нестационарностью распределения потенциальных точек нанесения водяного кода, которое зависит от случайного характера самого аудиофайла, и дополнительными условиями, накладываемыми на сами потенциальные точки нанесения.

Список используемых источников:

1. Балакирев Н.Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) // Информатика: проблемы, методология, технологии: матер. XIV Междунар. конф. Воронеж: 2014. Т. 1. С. 331–335;

2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев, Х. З. Нгуен, М. А. Малков, М. М. Фадеев // Программные продукты и системы. — 2018. — № 4. — С. 768-776.

## **Метод построения аппаратно ускоренного конвейера нейросетевой обработки видео потока**

Богомолов В.И.

Научный руководитель — Максимов А.Н.

МАИ, Москва

На сегодняшний день искусственный интеллект прочно вошел в нашу повседневную жизнь и помогает в решении большого числа задач. Одним из самых перспективных направлений искусственного интеллекта являются нейронные сети. Уже сейчас они способны решать большое количество задач, которые раньше считались уделом для людей, от классификации картинки и распознавания на ней объектов до анализа новостей и генерации осмысленного текста.

YOLOv5 — семейство нейронных сетей, предназначенных для детектирования объектов на изображениях. Данное семейство нейросетей относится к архитектуре One-Stage detector — подход, который предсказывает координаты определённого количества bounding box'ов с результатами классификации и вероятности нахождения объекта, и в дальнейшем корректируя их местоположение. Основная задача нейросетевого детектора — определить местонахождение объекта на входном изображении и выделить этот объект при помощи обрамляющего прямоугольника.

Как и для любой другой архитектуры нейронной сети, процесс исполнения обученной нейронной сети семейства YOLOv5 включает в себя несколько этапов. В подготовительный этап входит декодирование входного видео потока и преобразование входного изображения. На следующем этапе происходит непосредственное исполнение нейронной сети и получение выходного тензора. Самым важным является этап постобработки, так как на этом этапе мы

декодируем выходной тензор и применяем к нему алгоритм NMS, после чего можем отображать результат.

Цель данной работы — определить все значимые этапы конвейера нейросетевой обработки видео потока с использованием нейронной сети семейства YOLOv5, измерить влияние каждого этапа на общую производительность конвейера, выявить наличие узких мест в этом конвейере в плане производительности, а также выработать подход к оптимизации конвейера нейросетевой обработки видео потока, основанный на устранении этих узких мест, или их ускорении. В качестве аппаратной платформы для ускорения нейронных сетей будет выступать одноплатный компьютер Nvidia Jetson Nano.

Список используемых источников:

1. YOLOv5 repo and documentation. URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (дата обращения: 28.02.2023).

2. NVIDIA Deep Learning TensorRT Documentation. URL: <https://docs.nvidia.com/deeplearning/tensorrt/developer-guide/index.html> (дата обращения: 28.02.2023).

3. Jetson Inference repo and documentation. URL: <https://github.com/dusty-nv/jetson-inference> (дата обращения: 28.02.2023).

4. OpenCV documentation. URL: <https://opencv.org/> (дата обращения: 28.02.2023).

## **Оптимизация выполнения гидравлических расчетов систем автоматического пожаротушения при помощи систем автоматизированного проектирования**

Вишняков А.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Офицеров В.П.

МАИ, Москва

Работа рассматривает варианты решения задачи гидравлического расчета установок автоматического водяного пожаротушения. В первой части работы проводится эксперимент, в рамках которого перед инженером-проектировщиком ставится задача выполнить один и тот-же простой гидравлический расчет используя представленные на рынке системы автоматизированного гидравлического расчета. Время выполнения расчета фиксируется. В качестве контрольного времени выступает результат, зафиксированный при расчете вручную. На основе полученных данных делается вывод об экономической эффективности использования автоматизированных систем гидравлических расчетов. Далее проводится сравнение решений между собой. Исходя из потраченного времени на каждый из этапов расчета выявляются недостатки и преимущества подходов систем автоматизированных гидравлических расчетов к работе с пользователем. Исходя из документации к программам оценивается возможность программы подстраиваться под нужды пользователя.

Во второй части работы и исходя из данных, полученных ранее разрабатывается концепт системы, которая, учитывая недостатки существующих систем могла-бы наиболее эффективно решать поставленную задачу гидравлического расчета, описываются ключевые особенности и структура данной системы. Вместо текстового представления данных предлагается использовать моделирование системы при помощи графического интерфейса. Экспериментальным путем устанавливается, является-ли разработанный концепт эффективнее существующих аналогов.

В конце работы подводится итог, какой должна быть система автоматизированного гидравлического расчета, чтобы обеспечить максимальное удобство работы пользователя и как следствие минимизировать время работы и стоимость расчета.

Список используемых источников:

1. СП 485.1311500.2020 — Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

2. Народный учебник по OpenGL. [Электронный ресурс]: Народный учебник по OpenGL. URL: <https://www.opengl.org.ru/lesson/index.html> (дата обращения: 12.02.2023).

3. Полное руководство по языку программирования C# 11 и платформе .NET 7 [Электронный ресурс]: Учебник по языку C# 9.0 и платформе .NET 5. URL: <https://metanit.com/sharp/tutorial/> (дата обращения: 12.02.2023).

4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. — М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. 333с

## **Оценка архитектур нейронных сетей для оптического распознавания математических формул на изображениях**

Вязников П.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

В современном мире технология OCR (Optical Character Recognition — Оптическое распознавание символов) находит большое количество применений: распознавание текстов на фотографиях, чтение номерных знаков автомобилей с камер видеонаблюдения, быстрое сканирование документов и т.д.

Распознавание математических формул является отдельной задачей OCR. Данная проблема актуальна, так как при работе с электронными документами (например, научными статьями, заметками, книгами) читателю как правило доступно только визуальное представление элементов с математическими вставками без исходного текста, вследствие чего затрудняется их повторное использование.

Сканирование математических конструкций принципиально отличается от сканирования текстов. Текст является строго структурированной последовательностью ограниченного набора символов (буквы, цифры, знаки препинания), вместе образующих контекст. В отличие от текста, математические формулы являются неструктурированными конструкциями с большим набором используемых символов. Помимо букв и цифр в формулах встречаются специальные символы (знаки корней, дробей и т.д.), размеры и позиция которых не являются фиксированными. Соответственно, процесс распознавания математических конструкций является более сложным, чем распознавание текстов, требуя больше шагов для предобработки исходного изображения.

Существуют различные подходы к решению задачи, основными на сегодняшний день являются:

- Алгоритмический анализ изображения — подразумевает сегментирование изображения с целью поиска отдельных операторов в выражении и составление конечного дерева символов;
- Искусственные нейронные сети сводят задачу к обучению модели, способной генерировать описание фотографий, используя в качестве обучающего набора изображения математических формул и их расшифровки на языке разметки LaTeX.

В работе рассмотрены методики разработки нейросети (сбор и подготовка обучающего набора данных, обучение модели, проверка качества и т.д.), использующей комбинацию архитектур ResNet [1] для выделения признаков входного изображения и Transformer [2] для дальнейшего анализа полученных признаков и генерации на их основе выходной LaTeX последовательности.

Проведено сравнение метрик качества описанной модели и решения, использующего рекуррентные сети для генерации разметки. Для комбинации ResNet и Transformer среднее значение расстояния Левенштейна и значения BLEU [3] составляет 6 и 1 соответственно, для рекуррентного же решения — 28 и 0.85.

Опираясь на полученные результаты, можно утверждать, что представленная архитектура является более эффективной по качеству распознавания и затрачиваемому на генерацию времени.

Список используемых источников:

1. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 770-778, DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.
2. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser L., Polosukhin I. Attention Is All You Need. // NIPS'17: Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems. 2017. P. 6000–6010. DOI: 10.48550/ARXIV.1706.03762
3. Papineni K., Roukos S., Ward T., Zhu W.J. Bleu: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. // Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. 2002. P. 311–318. DOI: 10.3115/1073083.1073135

## **Исследование алгоритмов сортировки на языках программирования C++ и Python**

Гаврилина Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

МАИ, Москва

Методы различных сортировок реализованы практически во всех языках программирования, и для сортировки данных достаточно простого вызова соответствующей функции, которую легко найти в интернете или справочнике. Тем не менее, знание алгоритмов сортировки, их различий, преимуществ и недостатков является определенным навыком для уважающего себя программиста. Актуальностью данной темы является то, что приводятся сравнительные характеристики различных алгоритмов сортировки, реализованных на языках программирования C++ и Python.

Наиболее важным фактором при выборе алгоритма для сортировки какого-либо количества данных является скорость его работы. Характеристика ожидаемого времени вычисления алгоритма по своей сути является математическим процессом.

В данной работе реализованы программные модули для популярных на текущее время видов сортировок, представленных ниже.

1. Сортировка выбором является простой в понимании и хорошо подойдет для рассмотрения в данной работе, но проявляет нестабильность при обработке равных или повторяющихся элементов. По результатам исследования выявлено следующее: худшее время —  $O(n^2)$ , среднее время —  $O(n^2)$ , лучшее время —  $O(n^2)$ ;

2. Сортировка слиянием является одной из наиболее эффективных видов сортировки, и является более стабильной, по сравнению с сортировкой выбором. По результатам исследования выявлено следующее: худшее время —  $O(n \log n)$ , среднее время —  $O(n \log n)$ , лучшее время  $O(n \log n)$ .

Исследование проводилось на компьютере следующей аппаратной конфигурации:

1. Процессор AMD Ryzen 5 3600.
2. Материнская плата GigaByte B450 Aorus Elite V2.
3. ОЗУ 16 Гбайт, 3200 МГц, 2х каналный режим.

Измерения на языке Python проводились на Windows 10 x64 в Anaconda Distribution Jupiter Notebook, версия Python 3.9. Измерения на языке C++ проводились в Ubuntu 20.04.2 LTS (GNU/Linux 4.4.0-19041-Microsoft x86\_64) в компиляторе g++ (Ubuntu 9.3.0-17ubuntu1~20.04) 9.3.0. Обе ОС установлены на SSD.

Результаты проведенной исследовательской работы следующие. Сортировка слиянием показала лучше всего себя на обоих языках. Скорость сортировки 1 024 000 элементов составила 0,17 сек. в программе на C++ и 4,05 сек. — на Python. Алгоритм, реализованный в C++ по скорости, существенно обходит Python, т.е. более чем в 23,8 раза. Данная сортировка отлично подходит для данных, где доступ к элементам осуществляется последовательно и следует методу «разделяй и властвуй» для  $n$ -го количества элементов. Данный алгоритм

обычно используется в области электронной коммерции для отслеживания интересов пользователей с помощью инверсии.

Сортировка выбором показала более скромные скорости по сравнению с сортировкой слиянием. Скорость сортировки 256 000 элементов составила 61,45 сек. в алгоритме на C++ и 1441 сек. — на Python, что составляет более чем в 23,4 раза. Сортировка выбором выполняется путём нахождения минимального элемента в несортированном подмножестве и заменой крайнего левого несортированного элемента, затем происходит смещение границы подмножества на один элемент вправо. Сам алгоритм отлично показывает себя на небольшом количестве элементов и по своей сути больше подходит для изучения концепции сортировки, чем для использования его в реальных проектах.

Из представленного материала можно сделать вывод, что для многих задач не существует единого оптимального алгоритма и языка программирования. Выбор алгоритма и языка программирования зависит от понимания решаемой задачи и лежащего в её основе распределения вероятности экземпляров с учётом поведения рассматриваемых алгоритмов.

Зная производительность алгоритма в каждом из этих случаев, мы можем судить, подходит ли данный алгоритм для использования в конкретной ситуации или нет.

### **Система автоматической классификации БПЛА по фото или видео изображению**

Горкавцов Д.А., Чернова М.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Калягин М.Ю.

МАИ, Москва

Нейросеть-классификатор после обучения позволяет с некоторой долей вероятности 70-95% определить на изображении необходимый объект и его тип. При этом, на вход можно подавать как фото или видео фрагменты, так и изображение с камеры в режиме реального времени.

Классификация беспилотных летательных аппаратов проводилась по двухуровневой системе [1]. БПЛА делятся как на широкие классы, к примеру: самолётная схема, мультироторные, аэростаты, так и на подклассы, к примеру: трикоптеры, квадрокоптеры, гексакоптеры и октокоптеры.

Нейросеть получает на вход данные и при помощи функций активации производит расчет, сверяя полученные результаты с заданными ранее. Далее происходит расчет погрешности и корректировка весов, после чего процесс повторяется до достижения необходимого результата погрешности. Полученные в результате обучения нейросети веса отдельных блоков будут объединены в единую систему, реализуемую на электронной плате управления. В качестве платы управления можно использовать российский микрокомпьютер MB77.07 от НТЦ, его сильными сторонами можно считать небольшие габариты, малый вес, а также процессорное ядро ARM1176 архитектуры v6, которое позволит обрабатывать фото и видео в разрешении от 640×350 (EGA) до 1920×1200 (WUXGA) для HDMI.

К тому же, в качестве программного обеспечения поставляется операционная система Linux. Полученный прибор можно будет интегрировать в средства видео наблюдения, что поможет с большей долей вероятности отличать БПЛА от других объектов на экране.

Система автоматической классификации БПЛА, рассмотренная в настоящей работе, может использоваться в средствах общего видеонаблюдения, и в системах взаимодействия с беспилотными летательными аппаратами.

Список используемых источников:

1. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klasifikatsiya/>

## **Моделирование технического риска в системах интеллектуального мониторинга**

Данилов И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, ООО «Динамические системы», Москва

Развитие промышленности привело к значительному усложнению технологических процессов, вовлечению в них огромного объема разнородного оборудования и технических устройств, что, согласно мировой статистике, сопровождается ростом риска аварий. При этом аварии в ряде случаев становятся настолько масштабными, что приводят к техногенным катастрофам. Необходимость предупреждать и предотвращать такие события вызвало создание и развитие научного и технического направления «Промышленной безопасности».

К опасным производственным объектам (ОПО), относятся химические и нефтеперерабатывающие заводы, которые требуют эффективной и надежной системы мониторинга для безопасной эксплуатации. Под аварией на ОПО понимаются разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ, создающие на них и примыкающей к ним определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к нарушению производственного или транспортного процесса, нанесению ущерба окружающей среде. Средний ущерб от аварии на ОПО, по данным мировой статистики, составляет 130 млн.\$.

Интеллектуальные системы мониторинга могут обеспечить оптимальное решение для мониторинга промышленных опасных объектов, позволяя своевременно обнаруживать риски свершения аварий. Моделирование и визуализация технических рисков в интеллектуальных системах мониторинга позволяет анализировать различные опасные объекты в режиме реального времени, что позволяет принимать более эффективные решения.

В данной статье обсуждается оценка обратной связи и автоматизации, требования к сбору данных, разработку основы для визуализации технического риска, производительность различных интеллектуальных систем мониторинга, роль дистанционного зондирования и машинного обучения, проблемы визуализации технического риска и потенциал моделей нечеткой логики.

Технический риск представляет собой риск, обусловленный техническими факторами. Технический риск представляет собой комплексный показатель надежности элементов техносферы и выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Определяется технический риск степенью организации производства, проведением превентивных мероприятий (регулярной профилактики оборудования, мер безопасности), возможностью проведения ремонта оборудования собственными силами предприятия.

Мнемосхемы, отражающие технический риск являются визуальным представлением мнемоники, которая помогает запомнить этапы производственного процесса. Мнемосхемы могут быть использованы для более наглядного объяснения процесса и могут включать стрелки, фигуры и другие визуальные компоненты для представления этапов и объектов.

В теории вероятностей адекватной мерой риска принято считать экспоненциальную функцию распределения. эмпирическим путем на основе статистического анализа и анализа кинетических уравнений бoльцмановского типа показана пригодность экспоненциального распределения к описанию эмпирических закономерностей в сфере рисков. Экспоненциальное распределение служит для моделирования времени между двумя последовательными свершениями одного и того же события.

Система в целом представляет собой последовательное соединение элементов, где каждый независимый элемент представлен экспоненциально распределенной наработкой и имеет экспоненциальное распределение

На расчёт технического риска влияют такие вещи, как:

- Класс опасности оборудования, отражающий уровень критичности проблемы;
- Нарботка на отказ—это время беспроблемной работы, например, от первого включения нового диска, до момента отказа, посчитанная в часах;
- Наличие резервирования оборудования, например, при отключения основного блока вентиляторов важно отслеживать работу резервного;
- Комплексный сценарии, например, некорректная работа вентиляторов является предпосылкой для выхода из строя охлаждаемого устройства.

Таким образом, целью статьи является повышение надежности работы ОПО путем визуализации технических рисков в интеллектуальных системах мониторинга промышленно опасных объектов. В рамках этой работы была изучена информационная структура и специфика мнемосхем, определены возможные свойства отслеживаемого оборудования, разработано решение для генерации мнемосхем, отражающих технический риск предприятия, а также проведён ряд испытаний корректности работы мнемосхем и получено апробирование пользователем.

Список используемых источников:

1. Юн Д. и Ким Э. (2018). Моделирование технических рисков в интеллектуальных системах мониторинга промышленных опасных объектов. Международный журнал интеллектуальных вычислений и кибернетики, 11 (2), 225-248 (дата обращения 03.02.2023);
2. Цю, Дж., & Ли, Л. (2019). Моделирование технических рисков в интеллектуальных системах мониторинга промышленных опасных объектов. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15 (3), 1568-1578 (дата обращения 04.02.2023);
3. Заман, М., &Рахман, М. (2017). Интеллектуальная система мониторинга промышленных опасных объектов. Международный журнал интеллектуальных вычислений и кибернетики, 10 (3), 335-358. (дата обращения 05.02.2023).

## **Разработка ПО для виртуальной реальности для использования в учебном процессе**

Ефросинин Д.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Алещенко А.С.

МАИ, Москва

В данной работе рассматриваются особенности разработки ПО для задач проектирования виртуальной среды в виртуальной реальности для дальнейшего изучения и освоения данной технологии в учебном процессе.

Виртуальная среда — форма имитационного моделирования, использующая средства визуализации для формирования наглядных копий моделируемых систем (объектов, процессов, явлений). [1]

Виртуальная реальность (VR) — высокоразвитая форма виртуальной среды, обладающая высокой степенью достоверности визуализации, имитирующая как воздействие на изучаемый объект, так и реакции на это воздействие. [1]

Важность рассматриваемой темы состоит в необходимости изучения передовых IT-технологий, среди которых выделяют высокую перспективность данного направления, а также полезности внедрения виртуальной реальности в учебные программы [2].

Другие исследования также подтверждают то, что индустрия VR будет процветать. Эксперты рассчитывают, что прибыль от программных продуктов в VR вырастет в 60 раз к 2018 году [2]

В основном разработчики используют специальные игровые движки, которые позволяют создавать интерактивность в 3D-сценах. Самые популярные — Unreal Engine 4 (UE4) и Unity. [3]

В данной работе рассматривается особенность разработки программно-аппаратного комплекса с движком Unity для учебного процесса.

Программно-аппаратный комплекс предназначен для выполнения лабораторных работ, целью которых является изучение движка Unity

Работа состоит из разделов:

- Изучение работы шлема и маркеров Oculus rift s
- Изучение набора инструментов и настроек
- Разработка простого эксперимента

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 57721-2017 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Эксперимент виртуальный. Общие положения / URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200156823/titles/65E0IS> (Дата обращения: 26.02.2023)
2. Перспективы развития рынка разработки VR-контента [Электронный ресурс] / URL: <https://appfox.ru/blog/razrabotka-vr/> (Дата обращения: 26.02.2023)
3. Что учить разработчику, чтобы работать с VR [Электронный ресурс] / URL: <https://vc.ru/dev/136142-что-учить-razrabotchiku-чтобы-rabotat-s-vr-sovety-ekspertov> (Дата обращения: 26.02.2023)

## **Применение алгоритмов машинного обучения для управления финансовыми потоками компании**

Иванов Д.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Наумов А.В.

МАИ, Москва

Ряд компаний используют схему отложенного дохода. Пример, компания закупает большую партию товара в начале года, основной сезон продаж летом. Получается финансовый разрыв, для устранения которого требуется взять кредит

Рассмотрим постановку задачи. В задачу входит оценить поступление денежных средств с продаж, расходы компании на обеспечение трудовой деятельности, оплата поставщикам и логистику. Далее на плановый период оценивается потребность в кредите и доход компании за год. Машинное обучение задействовано на оценке поступлений денег. Оно позволяет автоматизировать и математически объяснить выбор компании в финансовой политике.

В работе применен алгоритм градиентного бустинга CatBoost, при этом для каждой станции обучается своя отдельная модель. Важно, что решаемая задача — задача несимметричного прогноза, метрика качества также несимметричная. В связи с этим предлагается два подхода и проводится их сравнительный анализ. Первый подход — оптимизация MAE функции потерь, такой подход можно назвать классическим. Второй подход — оптимизация квантильной функции ошибки. Преимущество данного подхода в том, что при обучении модели квантильная функция потерь по-разному штрафует за положительную и отрицательную ошибку в зависимости от выбранного уровня, что в свою очередь приближает полученный прогноз к условиям бизнеса.

В результате в работе показано, что оптимизация квантильной функции потерь приводит к более адекватному прогнозу, на основе которого можно выстроить необходимую финансовую политику компании.

Список используемых источников:

1. Mohamad H.Hassoun. Fundamentals of Artificial Neural Networks. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1995.
2. С.Хайкин. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. М., «Вильямс», 2006.

## **Разработка и реализация кроссплатформенного графического оконного интерфейса депозитария для системы «Голосовая почта»**

Иванов П.А.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

При разработке информационных систем всегда появляется огромное количество данных, которые необходимо обрабатывать и контролировать.

В системах, ориентированных на защищенный обмен сообщениями, наиболее важно получать все данные об участниках общения, а также иметь возможность обрабатывать и хранить их. Также необходимо исключить возможность получения участниками лишней информации о других пользователях.

В системе «Голосовая почта» был выбран механизм банковского депозитария. Благодаря ему получится обеспечить защищенный обмен данными между пользователями, а также скрыть необходимые данные. Он будет выполнять задачи по агрегированию и последующему хранению сведений участников общения. Также он будет осуществлять проверку протоколов взаимодействия участников общения.

Для работы с этим депозитарием необходимо разработать графический интерфейс и реализовать его подключение к общей системе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть существующие на рынке программные средства.
2. Разработать графический интерфейс для работы с депозитарием.
3. Реализовать совмещения оконного приложения с базой данных, построенной по принципу банковского депозитария.
4. Оценить результаты проделанной работы.

Для обеспечения кроссплатформенной работы при разработке будет использован язык программирования C++. Данный язык выбран ввиду достаточно высокой скорости работы, а также возможностью использовать его на разных платформах. Также при разработке будет использован фреймворк QT для реализации графического интерфейса.

Список используемых источников:

1. Мордасова, Е. В. «Информационная безопасность и защита информации.» (2015).
2. Коновалов К. А., Балакирев Н. Е. Создание системы обеспечения учета и контроля защиты информации при передаче голосовой информации. 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 22-26 ноября 2021 года. Москва. Тезисы. с. 231-232. ISBN 978-5-00189-750-7.

## **Использование технологии компьютерного зрения и открытой библиотеки «OpenCV» на примере разработки программного обеспечения для количественной оценки объемной доли $\alpha$ -фазы в $\alpha+\beta$ титановых сплавах**

Казначевский В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

МАИ, Москва

Чистые металлы в настоящее время практически не используются в производстве техники. Для того, чтобы получить материал с необходимыми механическими свойствами, почти всегда приходится обращаться к сплавам. Свойства сплавов определяются их внутренним строением — структурой. Анализ микроструктуры сплава — это важная и неотъемлемая задача при контроле качества произведённой продукции, именно она даёт возможность определить величину и расположение зёрен металла, размеры и количество мелких неметаллических включений и различных фаз в металле, проконтролировать состояние структуры поверхностного слоя изделия и выявить различные микродефекты.

Задача анализа микроструктуры, в частности расчёта площади  $\alpha$ -фазы в  $\alpha+\beta$ - титановых сплавах, очень показательна за счёт того, что изображения микроструктуры примитивны и благодаря этому легко обрабатываются алгоритмами компьютерного зрения. Самой

популярной открытой библиотекой компьютерного зрения является проект OpenCV (англ. Open Source Computer Vision Library), который поддерживает большинство популярных языков программирования (C++, Java, Python) и практически все имеющиеся операционные системы (Linux, iOS, macOS, Android, Windows).

В ходе разработки реализовано программное обеспечение для решения задачи расчёта площади и объемной доли  $\alpha$ -фазы титанового сплава ВТ6 при помощи компьютерного зрения. Исходные коды программного продукта являются открытыми для изучения и модификации. В качестве среды программирования использовалась PyCharm, а языка программирования Python. При разработке ПО выделены четыре стадии:

1. Предварительная обработка изображения. На этом этапе необходимо улучшить качество изображения встроенными в библиотеку OpenCV способами (увеличение и уменьшение контрастности, резкости, перевод изображения в разные цветовые системы). Этот этап необходим для упрощения работы с изображением на следующих стадиях.

2. Промежуточная фильтрация. На этом этапе к изображению необходимо применить различные фильтры (Гауссовский фильтр, фильтр усреднения и другие), для того, чтобы более чётко разграничить интересующую нас область и увеличить качество будущей работы алгоритмов по вычислению процентных долей и расчета площади.

3. Выявление специальных признаков. Самая важная часть задачи — создание контурного препарата и последующее выделение рабочей области — точек и контуров  $\alpha$ -фазы титанового сплава.

4. Высокоуровневый анализ. Анализ полностью обработанного и подготовленного изображения и расчет площади  $\alpha$ -фазы сплава.

Разработанное ПО является открытым и, кроме количественной оценки объемной доли  $\alpha$ -фазы, позволит обучающимся получить знания о строении титановых сплавов, сформировать навыки работы с технологиями компьютерного зрения, изучить практический пример использования открытой библиотеки OpenCV на языке программирования Python в среде разработки PyCharm.

## **Способ контроля обеспечения безопасности при проведении испытаний ракет-носителей с применением свёрточной нейронной сети**

Киселев И.А.

Научный руководитель — к.т.н. Буторин В.В.

МАИ, Москва

Для развертывания отечественной орбитальной группировки в современных условиях санкционного давления со стороны зарубежных стран необходимо повышать уровень надежности подготовки ракет-носителей (РН) к запуску космических аппаратов. Проведение технологических операций подготовки проводит персонал, возглавляемый руководителями работ. Все операции выполняются в строгом соответствии с требованиями безопасности и технологическими графиками испытаний РН. Для повышения качества проведения технологических операций и минимизации возникновения человеческого фактора при контроле выполнения операций предлагается использовать системы контроля на основе свёрточной нейронной сети [1].

При выполнении технологических операций подготовки РН к пуску целесообразно производить съемку работ расчётов камерами видеонаблюдения и проводить в полученном видеопотоке идентификацию контролируемые средства безопасности персонала и технологических объектов и элементов [2].

Нейронная сеть позволяет в процессе получения видеопотока отслеживать контролируемый объект не смотря на угол получения изображения, освещения и яркости изображения [3]. Однако для того, чтобы нейронная сеть эффективно выполняла свои задачи требуется произвести её обучение [1, 3].

Предлагается проводить обучение свёрточной нейронной сети в следующей последовательности:

Этап 1. Перед началом обучения изменение каждого кадра изображения под размер 416x416 для оптимизации обучения.

Этап 2. Разделение изображения на клетки размером 13x13.

Этап 3. Присоединение к каждой клетке признаков идентификации в форме прямоугольных рамок («якорные прямоугольники») — прорисовывание с помощью нейронной сети вокруг каждой клетки кадра изображения нескольких прямоугольников для определения средств защиты и контролируемых объектов.

Этап 4. Картинка из набора исходных данных обрабатывается алгоритмом нейронной сети. После окончания обучения получается выходной слой нейронной сети, который показывает все признаки в клетках разделенной картинки. В случае неправильной идентификации формируется массив данных функции ошибки, который минимизируется при подаче на нейронную сеть следующих картинок.

Задача нейронной сети максимально точно прогнозировать параметры для максимально точной идентификации объектов на картинках [3]. Оценка достоверности признака идентификации для каждой клетки является фильтром для исключения неверных признаков [2]. Далее для каждого признака идентификации производится умножение его на вероятность распределения. Затем выбирается лучшая вероятность из всех возможных. В случае превышения порогового уровня полученного после умножения значения, нейронная сеть визуализирует признак идентификации на картинке. Далее производится фильтрация признаков идентификации, чтобы для одного объекта был только один признак. На завершающем этапе, используя фильтр Калмана, производится перенос информации от одного кадра к другому, и добавление новой метрики в каждом кадре.

Использование сверточной нейронной сети на этапе проведения испытаний ракет-носителей в ходе подготовки космических аппаратов к запуску позволит повысить качество контроля, не допустить нарушения требований безопасности при выполнении особо ответственных мероприятий и минимизировать человеческие ошибки.

Список используемых источников:

1. Филичкин С.А., Вологдин С.В. Применение нейронной сети YOLOv5 для контроля соблюдения регламентов персонала на предприятии // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции, Ижевск, 26–27 мая 2022 года. — Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова. 2022. С. 73-80.

2. Боков П.А., Кравченя П.Д. Экспериментальный анализ точности и производительности разновидностей архитектур YOLO для задач компьютерного зрения // Программные продукты и системы. 2020. № 4. С. 635-640. — DOI 10.15827/0236-235X.132.635-640.

3. Засыпкин Д.С., Белов Ю.С. Структура нейронной сети YOLO // Технические и естественные науки : сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 26 апреля 2022 года. — Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ». 2022. С. 24-26.

4. Жуланов В.Н. Использование предобученной сверточной нейронной сети YOLO v3 для распознавания образов с камер видеонаблюдения // Автоматизированные системы управления и Информационные технологии : Материалы всероссийской научно-технической конференции в 2-х томах, Пермь, 08–10 июня 2022 года. Том 2. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2022. С. 205-210.

## **Разработка интеллектуальной информационно-поисковой системы**

Крылов П.Д.

Научный руководитель — Власенко А.Н.

МАИ, Москва

В современном мире поиск информации в основном осуществляется через запрос к поисковой системе Яндекс или Google. Целью работы является возможность пользователя в автоматическом режиме собирать информацию из интернета для последующего ее анализа и

обработки. Особенностью данной работы является то, что мы не используем обращение к конкретным тегам, классам html страницы, как это происходит при обычном парсинге, что позволяет обойти блокировку IP некоторых сайтов, у которых стоит защита против ботов, а также работать с различными типами сайтов и возможностью гибкой настройки в случае изменения этих сайтов.

Для реализации проекта была использована и обучена на скриншотах поисковой выдачи Яндекса и кнопках браузера Mozilla Firefox нейросеть YOLOv5 (You Only Look Once) с архитектурой сети YOLOv5l6. Код программы написан на языке Python, для хранения полученной информации используется СУБД SQLite. В скриншотах поисковой выдачи были размечены следующие области (теги): заголовок страницы (гиперссылка) — по распознанной области этого тега нажимаем мышкой и переходим на сайт, URL адрес страницы, краткое текстовое описание.

Программа автоматически запускает браузер и открывает в нём главную страницу Яндекса, нейросеть «YOLOv5» находит поле поиска, и вставляет в него заранее написанный запрос. Затем на странице поисковой выдачи раскрывается дополнительная информация каждой ссылки, нажимается на кнопку «Читать ещё» и делается скриншот полной страницы поиска. Далее производится переход по ссылкам сайтов, найденных в поисковой выдаче, производится открытие и сохранение скриншотов каждого найденного сайта в режиме для чтения. Как только этот процесс завершился, начинается распознавание текста на скриншотах при помощи нейросети «Tesseract», полученный в результате текст со скриншотов фильтруется и сохраняется в базу данных SQLite.

Полученная информация может быть использована в различных аспектах, например для автоматизированного мониторинга информации или сбора информации по конкретной тематике.

Список используемых источников:

1. Anurendra Kumar, Keval Morabia, William Wang, Kevin Chang, and Alex Schwing. 2022. CoVA: Context-aware Visual Attention for Webpage Information Extraction. In Proceedings of the Fifth Workshop on e-Commerce and NLP (ECNLP 5), pages 80–90, Dublin, Ireland. Association for Computational Linguistics.
2. Patnaik SK, Babu CN, Bhawe M. Intelligent and Adaptive Web Data Extraction System Using Convolutional and Long Short-Term Memory Deep Learning Networks. Big Data Mining and Analytics, 2021, 4(4): 279-297.
3. Muhammet Pakyürek; Mehmet Selman Sezgin; Selman Kulaç Web Page Information Extraction System by Using Deep Learning (UBMK'19) 4rd International Conference on Computer Science and Engineering 361-365.

## **Разрешение кореференции в русскоязычных текстах на основе модели трансформеров**

Кудинов И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

В тексте на любом естественном языке можно выделить именные группы — это набор синтаксически связанных слов, ссылающихся на некоторый объект внеязыковой действительности. В качестве примеров именных групп можно привести: «модель», «диагональная матрица», «стоящий посреди опушки леса дом», а также местоимения. Две именные группы называются кореферентными, если они ссылаются на один и тот же объект. Самый простой случай кореференции — кореференция произвольной именной группы и местоимения.

Поиск всех именных групп в тексте, и поиск всех кореферентных связей между ними, называется задачей кореференции. Разрешение задачи кореференции позволяет найти в тексте все упоминания конкретного объекта. Это может пригодиться для поиска информации по этому объекту, для определения способа использования конкретного

термина, или для определения всех сцен, в которых участвует персонаж литературного произведения.

Приведённая в работе модель принимает на вход текст как последовательность символов, производит токенизацию при помощи одной из модификаций алгоритма Subword Tokenization, и возвращает для каждого токена распределение вероятностей над входным набором токенов, обозначающих вероятность наличия кореферентной связи данного токена с другими токенами. Множество токенов, чьи величины вероятности сильно отличаются от вероятности остальных токенов, будут определены моделью как кореферентные рассматриваемому токenu.

Основную роль в модели играют модель кодировщика трансформера. По сравнению с применяемыми для подобных задач рекуррентными нейронными сетями, трансформеры показывают большую точность и возможность распараллеленной работы. Используя модифицированный механизм Self-Attention, модель строит вышеописанное распределение на основе векторных представлений входных токенов.

Решение использует модель BERT как основу. Кодировщик трансформера дообучается специально для задачи кореференции. Для этого используются корпуса RuCoCo и Ru-eval-2019 русскоязычных текстов с размеченной кореференцией. При обучении также участвует созданная ранее модель поиска именных групп в тексте на основе синтаксического анализа на основе системы правил.

Проверка построенной модели проводится с использованием тех же корпусов. Результаты сравниваются с существующими решениями задачи кореференции для русскоязычных текстов. Полученная точность прогноза сравнима с существующими аналогами и потенциально может быть улучшена при обучении на корпусах большего размера.

Список используемых источников:

1. Dobrovolskii V., Michurina M., Ivoylova A. RuCoCo: a new Russian corpus with coreference annotation //arXiv preprint arXiv:2206.04925. — 2022.
2. Budnikov A. E. et al. Ru-eval-2019: Evaluating anaphora and coreference resolution for russian //Computational Linguistics and Intellectual Technologies-Supplementary Volume. — 2019.
3. Le T. A. et al. Sentence level representation and language models in the task of coreference resolution for russian //Computational Linguistics and Intellectual Technologies. — 2019. — С. 364-373.

## **Виртуализация современных информационных систем. Персональная электронная система «Василиса»**

Кулик М.В., Цатурьян К.А., Барабанов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомутская О.В.  
МАИ, Москва

Основная задача современных информационных систем заключается в обработке информации и ее передачи конечному пользователю в доступном виде. Чем лучше система справляется, тем активнее проходит её популяризация среди различных демографических слоёв общества, а также внедрение в повседневную жизнь пользователей. Всё более широкое применение начинают приобретать информационные системы с голосовыми помощниками. Например, в наши дни популярность набирают голосовые помощники, которые по словам владельца могут построить маршрут к месту назначения, найти в интернете и предоставить пользователю любую необходимую информацию, позвонить определённому человеку или даже перевести ему деньги. Однако существует большое количество пользователей, которым не просто дается взаимодействовать с такими технологиями из-за отсутствия визуализации собеседника.

Цель работы заключается в разработке информационного приложения с применением визуального электронного помощника, предоставляющего информацию пользователю посредством голосового интерфейса.

Для достижения поставленной цели спроектирован электронный помощник, интегрированный непосредственно в информационную систему, которая при помощи полученной голосовой команды предоставляет пользователю услугу или информацию, соответствующую запросу. Визуальная часть помощника представлена анимированным персонажем. Таким образом, разработанное приложение отличается от аналогов за счёт ухода от принципов работы системы «человек-машина», имитируя взаимодействие уровня «человек-человек», что гораздо понятнее и удобнее для людей старшего и младшего поколения, так как пользователь напрямую видит своего виртуального помощника.

Виртуализация информационной системы осуществлена на базе мобильного приложения Московского авиационного института, что позволяет использовать и тестировать систему в среде с большим количеством пользователей различных категорий.

В результате работы представлен тестовый прототип системы, который в дальнейшем может быть улучшен и использован в различных отраслях, в том числе в образовании.

Список используемых источников:

1. Поначугин А. В., Пичужкина Д. Ю., Сmealова Е. С. Голосовой помощник как технология обработки данных. // Наука без границ. — 2020. — №6 (46). — с. 96-100.

2. Черногор Е.А., Быков А.Е., Захарова Е.А., Куставинова Д.А., Воловикова З.А. Виртуальный помощник с личностными характеристиками. // Наука без границ. — 2019. — №7(35). — с 137-140.

## **О подходах к обеспечению информационной безопасности цифровых двойников**

Лазорин Д.С.

Научный руководитель — к.т.н. Правиков Д.И.  
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва

Процессы цифровой трансформации постепенно внедряются в самые различные сферы человеческой деятельности. Промышленное производство является основным двигателем экономической составляющей стран. Новейшим и перспективным элементом или инструментом цифровой трансформации является цифровой двойник, благодаря которому появляется возможность собирать данные, производить их обработку, анализировать технологическую цепочку, состояние оборудования, затем на основе этого моделировать исходы оптимальных сценариев. Цифровой двойник позволяет поддерживать работу дорогостоящего оборудования на постоянном уровне, что многократно снижает экономические затраты, повышая результативность производства в целом. Стремительное развитие технологий уже сейчас приводит к оптимизации процессов в существующих системах различных компаний. Данная технологическая тенденция всё больше вызывает интерес у индустриальных гигантов вкладывать средства в подобные решения. Это позволит им приобрести новые преимущества и сохранить конкурентоспособность на рынке, благодаря процессам цифровизации. Нельзя отрицать, что происходит трансформация глобального энергетического сектора. Именно цифровые технологии и технологии больших данных станут основой и двигателем в изменении данного сектора. Цифровая трансформация открывает возможности для реализации современных индустриальных стратегий: выход на новый рынок, создание каналов продаж, приносящих доход компании [1].

В ранее проведённой научной работе нами были рассмотрены и проанализированы существующие подходы к обеспечению информационной безопасности цифровых двойников [2]. Выяснено, что использование современных технологий защиты информации в рамках актуальных для цифровых двойников моделей угроз и нарушителя нацелено на решение частных задач. Были проанализированы отечественные решения. Компания Infotecs — лидирующая Российская компания, реализующая решения в сфере информационной

безопасности. Она предлагает решения VipNet Industrial Security: линейка продуктов, которая конструирует систему защиты АСУ ТП и систем межмашинного взаимодействия [3]. Особенность заключается в том, что существуют решения как для промышленных протоколов, которые обеспечивают защиту каналов связи и сетевое экранирование, так и для Windows и Linux с специализированным программным обеспечением.

Таким образом, цифровые двойники — это новое решение для технологических систем. Необходимо обеспечить комплексный подход к обеспечению информационной безопасности цифровых двойников. Стоит обратить особое внимание на концепцию многоуровневой платформы, так как она включает в себя реализацию комплексного подхода, состоящего из низкоуровневых способов защиты канала связи при помощи криптографических алгоритмов до высокоуровневых задач. Был реализован веб-сайт (<https://securedt.ru>) с полноценной и актуализирующейся информацией о научной работе, а также контактами для дальнейшего взаимодействия.

Список используемых источников:

1. Levaniuk D. Application of digital twins for maintenance in the gas and oil sector. Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT, 2022, pp. 7-37.
2. Лазорин Д.С., Правиков Д.И., Щербаков А.Ю. О подходах к обеспечению информационной безопасности цифровых двойников // Вестник современных цифровых технологий. 2022. № 11. С. 48-55.
3. Продуктовые линейки ViPNet [Электронный ресурс] // Infotecs. URL: <https://infotecs.ru/product/> (дата обращения: 05.03.2023)

### **Планирование заданий для одиночных и групповых вылетов разведывательных БПЛА в условиях противодействия противника**

Максимова В.Ю.

Научный руководитель — Склеимин Ю.Б.

МАИ, Москва

В работе рассматривается создание и реализация алгоритма планирования одиночных и групповых вылетов БПЛА для разведки точечных, линейных и площадных целей. Особенностью алгоритма является возможность учета условий деградации группы БПЛА вследствие воздействия на нее средств ПВО или отказов бортового оборудования, а также наличия запретных для полета зон.

Задача планирования была разделена на три подзадачи, чтобы уменьшить размерность области определения. На верхнем уровне стоит задача назначения, которая заключается в распределении группы целей на множество БПЛА. Эта задача является многопараметрической оптимизацией дискретной функции в дискретном пространстве аргументов. Для решения этой задачи необходимо решить задачу среднего уровня, которая заключается в определении последовательности облета каждой назначенной группе целей для каждого БПЛА. Эта задача сведена к известной задаче коммивояжера, для которой используются эвристические методы и полный перебор. Задача нижнего уровня заключается в поиске оптимального пути облета цели для одного БПЛА.

Разработан программный комплекс, реализующий указанный подход. Он позволяет легко варьировать число БПЛА, область карты, где расположены цели и задавать тип и количество целей. Предусматривается возможность вылета БПЛА с разных мест дислокации.

Этот программный комплекс может применяться при планировании операций беспилотных летательных аппаратов в вооруженных силах, в МЧС, в сельском хозяйстве в составе автоматизированных рабочих мест командиров подразделений БПЛА.

## **Разработка и реализация программно-аппаратного комплекса по получению и анализу телеметрии с БПЛА**

Морозов Н.О.

МАИ, Москва

Совершенствование и разработка новых видов средств, расширение круга решаемых задач и развитие современных информационных технологий приводит к увеличению объема телеметрической информации [1]. На данный момент одной из важнейших задач является качественный сбор всевозможной информации и последующая обработка данных о протекающих процессах с целью преждевременного предотвращения ошибок [2]. Роль телеметрии возрастает в связи с реализацией правительством Российской Федерации планов по автоматизации производства, внедрением автоматизированных методов и средств контроля качества продукции [3]. Ведущую роль телеметрия играет в процессе испытаний военной техники и вооружения. При испытаниях БПЛА информация о состоянии аппарата доставляется только по окончании эксперимента. Основываясь на этом целью данной работы является разработка программно-аппаратного комплекса для получения данных и последующего анализа данных БПЛА.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи [4]:

1. Рассмотреть существующие комплексы по получению и анализу телеметрической информации.
2. Рассмотреть существующие этапы и виды обработки телеметрической информации.
3. Разработать и реализовать программно-аппаратный комплекс по получению и анализу телеметрической информации с БПЛА.
4. Оценить результаты проделанной работы количественные характеристики работы программно-аппаратного комплекса.

В целях обеспечения кроссплатформенности программно-аппаратного комплекса при разработке программы будет использован язык программирования C++. К преимуществам программ, реализованных на языке программирования C++ относят скорость работы программы и эффективность. Также при разработке будет использована плата Arduino UNO. Данная плата, в совокупности с датчиками, предназначенными для сбора информации, присущих БПЛА, будет имитировать деятельность платы БПЛА, собирать информацию с подключенных датчиков и передавать данные в программу.

Список используемых источников:

1. Николаев Дмитрий Андреевич, Модель и алгоритмы оперативной структурно-параметрической обработки телеметрической информации космических средств, 2017.
2. Назаров А.В., Козырев Г.И., Шитов И.В., Современная телеметрия в теории и на практике, 2007.
3. Приказ о внесении изменений в приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 26.01.2021 № 29 «Об утверждении Единых функционально-технических требований по автоматизации видов регионального государственного контроля (надзора) в целях внедрения риск-ориентированного подхода»
4. Бондаренко, Д. М. Анализ особенностей процессов формирования, передачи, обработки и анализа поступающей с космического аппарата телеметрической информации / Д. М. Бондаренко. непосредственный Молодой ученый. 2022. № 8

## **Исследование скорости работы и сравнение различных методов сортировки на языке программирования C++**

Нестеренко Я.А., Минаков Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

СФ МАИ, Ступино

Тема сортировок является одной из недооценённых тем в программировании. Актуальностью данной работы является то, что алгоритмы сортировки тестируются на разных наборах и разном количестве входных данных, что позволит сделать более

качественный анализ. Вызов метода `sort` во многих языках программирования способен полностью решить любую задачу на сортировку элементов, но в данной работе предпочтение отдаётся самостоятельной разработке методов и языку программирования C++.

В программировании метод сортировки — это метод, который может упорядочить элементы из списка. Сортировка распределяет элементы в удобном для работы порядке.

В нашей работе мы решили исследовать скорость работы некоторых методов сортировки, а именно: пузырьковый метод (Bubble sort), шейкер сортировка (Cocktail sort) и сортировка вставками (Insertion Sort). А также рассказать о принципе работы объявленных методов.

Пузырьковая сортировка — это достаточно простая сортировка, она часто встречается в книгах по программированию, но не выходит за их пределы, потому что этот алгоритм медленнее, чем другие алгоритмы сортировки. Идея сортировки пузырьком состоит в том, что на каждой итерации попарно сравниваются элементы и, если элементы находятся в неправильном порядке, происходит их обмен.

Сортировка перемешиванием (шейкерная сортировка) одной из разновидностей сортировки пузырьком. В этом методе мы сортируем массив поочерёдно в двух направлениях, чтобы элементы занимали правильные места быстрее. Основная идея алгоритма этой сортировки заключается в том, что чётные проходы нужно производить от конца к началу, а нечётные наоборот от начала к концу.

Алгоритм сортировки вставками состоит из двух циклов, один из которых вложен в другой. Первый цикл осуществляет проход по массиву, а второй — перемещение обрабатываемых элементов. Его суть заключается в следующем: на каждом шаге алгоритма берётся один из элементов массива, находится позиция для вставки и затем вставляется.

Для сравнения приведённых выше методов сортировки мы использовали 4 типа заполнения массива: упорядоченные по убыванию, упорядоченные по возрастанию, вырожденные (случайные числа от 1 до 12) и случайные числа от нуля до максимально возможного значения, которое в нашем случае равно 70000. Для тестирования использовались массивы из 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 и 32000 элементов, т.е. каждый раз длина массива увеличивалась в два раза.

Результаты исследования показали, что самым быстрым методом является сортировка вставками, например, для сортировки 16000 случайных чисел этому методу потребовалось всего лишь 314,65 миллисекунд (мс), тогда как сортировка перемешиванием выполнила это за 641,51 мс, а пузырьковая показала наихудший результат в 1169,91 мс. Подобная тенденция сохранялась во всех тестах.

Список используемых источников:

1. Липачёв Е.К. Технология программирования. Методы сортировки данных: учебное пособие. — Казань: Казан. ун-т, 2017. — 58 с.
2. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы на C++. Анализ / Структуры данных / Сортировка / Поиск: Пер. с англ./ Роберт Седжвик. — Киев: Издательство «ДиаСофт», 2001. — 688с.: ил.

## **Методы обработки полетных данных**

Нигматуллин Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Увеличение объема поступающей информации приводит к дальнейшему обострению информационных проблем деятельности оперативного персонала, снижению надежности контроля и управления текущим режимом.

В основе большинства информационных проблем лежит отсутствие учета известных ограничений человека по восприятию информации, наличие распространенных недостатков отображения информации. Эффективность деятельности человека-оператора в системах

управления в значительной мере определяется информативностью предъявляемых ему данных.

Обработка данных на наземных пунктах требуется для выявления неполадок летательных аппаратов, предсказания чрезвычайных ситуаций, реагирования наземными диспетчерскими службами и повышения эффективности борьбы с нештатными ситуациями. Визуализация полученных данных используется для более наглядного отображения бортовой информации, поступающей специалисту по мониторингу.

Учитывая эту информацию, обосновано решение о создании удобную систему отображения летной информации для мониторинга, с использованием методов обработки полетных данных. В разрабатываемой системе использована модель зависимости  $Y$  от трех переменных  $X$ ,  $U$  и  $g$ , где:

- $X$  — данные, поступающие на вход;
- $G$  — погрешность в виде разброса данных, получаемых с летательного аппарата;
- $U$  — управление формами, настройка расположения и размещения для эффективного мониторинга;
- $Y$  — выход, представляющий из себя наглядную демонстрацию данных в различных форматах

Оптимальная система должна обладать настраиваемым и интуитивно-понятным интерфейсом, которого можно с легкостью адаптировать под рабочее место и повышать эффективность работы специалиста в ходе наблюдений и проводимых летных испытаний.

Для большей наглядности в системе также стоит использовать качественную оценку на основе нескольких показателей. Это эффективно в случаях, когда параметры приборов не выходят за границы нормы, но в совокупности характеризуют критическую ситуацию, мгновенно указывая пользователю на проблему.

Из этого следует, что система должна обеспечивать:

- Повышение безопасности полетов;
- Сокращение времени ликвидации чрезвычайных и аварийных ситуаций за счет оперативного оповещения об их возникновении;
- Повышение эффективности управления транспортным парком авиапредприятия;
- Повышение исполнительской дисциплины персонала авиапредприятия.

При решении всех поставленных задач разрабатываемая система может повысить уровень авиационной безопасности и помочь в нештатных ситуациях.

Список используемых источников:

1. Штейнбок. Л.С. Ситуационная технология отображения информации — М.: Научные технологии, 2017.
2. Смоляров А.М. Системы отображения информации и инженерная психология. — М.: Высш. шк., 2004.
3. В.В. Аллакин, Н.П. Будко, Н.В. Васильев // Системы управления, связи и безопасности. — 2021. — № 4. — С. 125-227

## **Анализ влияния изменений в технологии на процесс производства и выпускаемой продукции**

Никитина Е.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Згуральская Е.Н.

ИАТУ УлГТУ, Ульяновск

Целью данной работы является рассмотрение изменений в технологии производства одного из предприятий научно-производственного комплекса, занимающегося разработкой программного обеспечения, а также анализ влияния этих изменений на выпускаемую продукцию. Предприятие занимается разработкой, поставкой и гарантийным сопровождением программных изделий, как единичного, так и серийного выпуска. В работе рассматриваются технологии производства актуальных, находящихся в производстве, программных изделий. Важность рассматриваемых вопросов обуславливается возросшим

темпом производства и повышением требований к качеству выпускаемой продукции. В работе анализируются изменения в архитектуре разрабатываемых приложений, пользовательском интерфейсе, организации сетевого обмена в изделиях, используемом программном инструментарии. В части архитектуры ПО произошел последовательный переход от монолитной архитектуры проектов к многоуровневой архитектуре. В части организации сетевого обмена: замена соединения «точка-точка» на обмен по сетевой шине с применением технологии «издатель-подписчик». В части пользовательского графического интерфейса: переход на использование готовых графических решений, графические библиотеки. В части использования технологий: увеличилось применение различных средств для ведения разработки, проектирования и контроля за ходом проекта. Для анализа используется сравнение программных изделий разработанных с применением различных технологий. В ходе исследования было выявлено: За последнее время произошло существенное изменение характеристик разрабатываемых программных изделий: во много раз увеличилась сложность проектов, сократились сроки разработки, усилились требования к масштабируемости и возможности динамической настройки под запросы заказчика. Монолитная архитектура не позволяла обеспечить подобные запросы, поэтому была заменена на модульную, а впоследствии на многоуровневую концепцию построения изделия. Применение концепции «издатель-подписчик» обеспечило возможность масштабирования сети и способствовало унификации информационного обмена. Использование графических библиотек позволило стандартизировать внешний вид приложений, сделать его привычным и понятным для пользователя, ускорить и упростить разработку. Применение различных программных инструментов значительно сократило трудозатраты и длительность разработки, повысило ее эффективность, упростило взаимодействие участников производства, обеспечило возможность контроля за процессом разработки. В результате принятые изменения позволили увеличить объемы производства и сократить время необходимое на разработку, отладку и настройку изделий.

Список используемых источников:

1. Баринов В.В, Баринов И.В, Пролетарский А.В. Компьютерные сети: Учебник //Academia, 2018. -192 с.
2. Белов В.В. Проектирование информационных систем: Учебник//Академия, 2018. — 144 с.
3. Вольфсон Б.А. Гибкое управление проектами и продуктами//Питер, 2019. -144 с.
4. Шлее М. Qt 4.8.Профессиональное программирование на C++//Петербург, 2013. — 912 с.

## **Разработка и реализация комбинированной CRM системы**

### **для задач малой авиации**

Оськин И.Д., Ибрагимов Р.Р.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

Малая авиация в России за последние годы начинает стремительно развиваться и из-за этого возникает явная нехватка сервисов, предоставляющих услуги о покупке или продаже самолётов гражданской авиации, поэтому было задумано создать сервис, в котором пользователь сможет удобно подобрать для себя подходящий авиатранспорт или выложить на продажу свой [1]. В результате сравнения различных вариаций реализаций проекта, был выбран следующий вид проекта — веб-приложение. Для реализации создаваемой системы был задействован указанный вид приложения потому, что в таком случае не будет важна платформа. У подобных сервисов есть необходимость в том, чтобы пользователь смог получить к нему доступ с любого типа устройства. Данное веб-приложение будет представлять из себя CRM, которая будет отвечать следующим критериям [2]:

1. Удобный интерфейс («удобство» заключается эргономике интерфейса и в количестве переходов пользователя в приложении для получения требуемого результата);

2. Использование современных технологий при разработке;
3. Использование актуальных архитектурных принципов и подходов разработки;
4. Гибкость и масштабируемость системы для дальнейшего расширения функционала сервиса.

Задача работы в продумывании архитектуры, создаваемого решения, и реализации основного функционала в рамках бакалаврской работы, который в дальнейшем можно будет дополнить из-за гибкости и масштабируемости разрабатываемой системы [3]. Для того, чтобы разработка принесла не только технические и практические знания, но и навыки работы в команде, так как в любой IT компании разработка ведется в команде и задачи строго делегируются между разработчиками. В нашем случае задачи распределены между двумя студентами на разработку клиентской и серверной части приложения соответственно.

Обобщая выше сказанное, благодаря удобному проектированию, современным технологиям и удобному интерфейсу, проект сможет легко найти свою аудиторию, сможет легко быть доработан и расширен функционал CRM системы для задач малой авиации («Aviato»), который спровоцирует ещё большую популярность и развитие малой авиации в России.

Список используемых источников:

1. Н. В. Просвирина. Анализ проблем малой авиации в России и возможные пути их решения, 2019;
2. Городецкая О.Ю., Гобарева Я.Л., Сgm — система как стратегия управления бизнесом компании, 2014;
3. Д. А. Богданенко, Подходы к архитектурному проектированию веб-приложений, 2018.

## **Способы противодействия подделке документов формата PDF, заверенных электронной подписью**

Парпулов М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рошин А.Б.

МАИ, Москва

В условиях самоизоляции на фоне пандемии в 2019 году и организации удаленных рабочих мест, использование и внедрение электронного документооборота в повседневные бизнес-процессы стало прочно укрепившейся реальностью. На фоне возросшей популярности сервисов, обеспечивающих ЭДО, повысилась актуальность вопроса защиты процесса электронного документооборота, в том числе и обеспечивающих его сервисов.

Рассматриваемый в работе формат файлов PortableDocumentFile (PDF) является универсальным файловым форматом и считается признанным общемировым стандартом в области обмена надежно защищенными документами. Наряду с такими преимуществами, как небольшой размер и надежность, важной особенностью данного формата является возможность защиты файла от случайных или несанкционированных изменений. Благодаря описанным выше особенностям, использование данного формата стало неотъемлемой частью повседневного документооборота. Широкое распространение получила организация защищенного электронного документооборота с использованием PDF-файлов, посредством применения электронной цифровой подписи [1].

Электронная цифровая подпись (ЭЦП) является реквизитом электронного документа, полученного посредством криптографических преобразований информации, и используется для возможности проверки целостности и авторства информации [2]. На законодательном уровне определено, что электронный документ, подписанный ЭЦП, признается равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью [3].

Данная работа посвящена изучению способов противодействия атакам на PDF-файлы, эксплуатирующим уязвимости, характерные для инкрементного метода формирования ЭЦП. Данный метод создания подписи основывается на возможности поэтапного сохранения данных в PDF-файле. Эксплуатация данных уязвимостей позволяет «обмануть» механизм,

заставив его исключить добавленные вредоносные данные из рассмотрения при проверке подписи, что приводит к удовлетворительным результатам проверки ЭЦП, несмотря на наличие изменений в документе [4].

В рамках проводимого исследования выполняется обзор общих алгоритмов постановки электронной подписи, анализ программных средств формирования и проверки ЭЦП, общий обзор и анализ известных уязвимостей формата PDF. Для иллюстрации алгоритма проведения атаки и последствий ее реализации, моделируется атака на LibreOffice–кроссплатформенный офисный пакет с открытым исходным кодом. Данная атака направлена на подделку и изменение документа PDF-формата, заверенного электронной подписью. В рамках эксперимента, формирование и проверка ЭЦП осуществляются встроенными средствами LibreOffice. Для моделирования атаки применяется ПО с открытым исходным кодом, реализованное на языке Python 3.

На основании проведенной атаки, предполагается выявление основных ее векторов, с целью разработки системы мер по противодействию атаке, эксплуатирующей описанные уязвимости. По итогам проведенных исследований, была сформирована методика защиты от данной атаки, предполагающая интеграцию в тестируемое приложение процедуры обнаружения скрытых элементов на этапе проверки действительности электронной подписи.

Список используемых источников:

1. Коржук В.М., Попов И.Ю., Воробьева А.А., Защищенный документооборот. Часть 1: Учебно-методическое пособие — СПб: Университет ИТМО, 2021. — 67 с
2. Шадура А. А., Гуцин Е. А Электронная подпись. Просто о сложном. — Издательские решения, 2019. — 58 с.
3. Федеральный закон от 6 апреля 2011 г. N 63-ФЗ «Об электронной подписи» // URL: <https://base.garant.ru/12184522/> (дата обращения: 06.01.2023).
4. Christian Mainka, Simon Rohlmann, Vladislav Mladenov. Shadow Attacks: Hiding and Replacing Content in Signed PDFs // Network and Distributed Systems Security (NDSS) Symposium — 2021

## **Обучение программированию на языке высокого уровня на примере разработки модуля решения оптимизационных задач**

Поздышева М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

СФ МАИ, Ступино

Во время обучения студенты технических специальностей сталкиваются со множеством теоретических задач, имеющих практическую пользу. Лучший способ разобраться в абстрактном явлении — реализовать его собственноручно. Задачи оптимизации соответствуют реалиям современного общества, но вызывают некоторые затруднения при рассмотрении данной темы. Одна из таких тем — математическое программирование курса «Теория принятия решений», читаемого студентам Ступинского филиала МАИ направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника». В ходе изучения дисциплины решались целочисленные и нецелочисленные задачи линейного программирования различными методами, а также задачи нелинейного программирования.

С помощью симплекс-метода становится возможным решение практически любой оптимизационной задачи на предприятии, при условии, что она линейна, либо может быть сведена к линейной задаче, в которой целевая функция приводится к линейному виду, а условия экстремума задаются системой линейных неравенств. Данные задачи подходят для получения практических навыков в программировании за счет достаточно сложного и интересного алгоритма решения.

В данной работе используется постановка в матричной форме записи  $Z = C \cdot X$ , при ограничениях  $A \cdot X = B$ , где  $C = (c_1 \ c_2 \ \dots \ c_n)$ ,  $B = (b_1 \ b_2 \ \dots \ b_m)^T$ ,  $A$  – матрица коэффициентов размера  $m \times n$ , где  $X = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n)^T$  — искомое решение, при котором обеспечивается экстремум целевой функции.

Для программирования модуля решения оптимизационных задач выбран язык высокого уровня C#, так как он является одним из актуальных языков и изучается в данный момент в университете. Средой разработки выбрана Visual Studio Community как полнофункциональное и бесплатное решение. Программа решает однофазным и двухфазным симплекс-методами задачи, приведенные к канонической форме, а также методом искусственного базиса. Пошаговый отчет, формируемый модулем в процессе выполнения алгоритма, записывается в текстовый файл в формате .txt, что позволяет обучающемуся самостоятельно рассмотреть алгоритм решения линейной задачи и выявить особенности. Интерфейс модуля сделан простым и отзывчивым для учащихся. Правильность решения задач проверялась на модельных примерах. Разработка является открытой, планируется её включение в учебный процесс в Ступинском филиале МАИ на кафедре «Моделирование систем и информационные технологии». Исходный код разработанного модуля может быть изучен, модифицирован и дополнен студентами, обучающимися по направлению информатика и вычислительная техника.

Список используемых источников:

1. Математическое программирование: теория и методы: учебное пособие / Н. В. Гредасова, А. Н. Сесекин и др.; Мин-во науки и высш. образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 200 с.
2. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебное пособие. 3-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2022. — 352 с.: ил.
3. Математическое программирование. Линейное программирование: учеб. пособие / И. А. Новицкая, Т. С. Зайцева и др.; Сиб. гос. ун-т путей сообщения. — Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2020. — 170 с.

### **Методика анализа потоков данных для оценки сервис ориентированной архитектуры**

Рославлев П.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Одним из наиболее известных явлений мирового научно-технического прогресса на современном этапе является информатизация общества как глобальный процесс производства и использования информации, базирующейся на массовом распространении средств электронных коммуникаций, вычислительной техники, лингвистических, математических и программных средств получения, распространения, хранения, представления, обработки и использования практически всех видов информации, получаемой в результате интеллектуальной и производственной деятельности людей. С развитием техники усложняются объекты и процессы управления: увеличивается объем данных, который необходимо обрабатывать для принятия решения; уменьшается время на анализ сложившихся ситуаций, принятие решений и их реализацию.

Программные решения для автоматизации этих процессов постоянно развиваются, и кодовая база таких решений сильно разрастается. Со временем в крупных проектах использование монолитной архитектуры становится затрудненным по следующим причинам:

1. сложность поддержки очень большой кодовой базы;
2. высокая связанность компонент системы;
3. такие системы сложно масштабировать;
4. такой проект требует использования одного и того же набора инструментов.

Сервис ориентированная архитектура основывается на принципе слабой связанности, что означает, что каждый сервис — это изолированная сущность с ограниченными зависимостями от других общих ресурсов [1]. В такой архитектуре сервисы лишь обмениваются данными между собой через интеграционную шину предприятия, в основе которой лежат очереди сообщений, представляющей из себя структуру данных с доступом к элементам «первый пришел — первым вышел».

Основные функции интеграционной шины:

1. маршрутизация сообщений;
2. масштабирование;
3. преобразование сообщений.

Интеграционная шина предприятия — это программная платформа, используемая для распределения работы между подключенными компонентами приложения [2]. При наличии шины модули могут быть написаны с использованием разных языков программирования и технологий. Любой модуль может обращаться к другому модулю на своем языке. Интеграционная шина предприятия убирает необходимость в прямом взаимодействии между сервисами. Каждый сервис взаимодействует только с шиной. Если в один из сервисов потребуется внести изменения, то это никак не отразится на работе других сервисов системы [3]. За взаимодействие сервисов в такой архитектуре отвечает уже сама интеграционная шина предприятия. Таким образом интеграционная шина позволяет масштабировать обработку сообщений и объединять в единый обрабатывающий механизм в общем случае гетерогенные системы.

Таким образом, сервис ориентированная архитектура с использованием интеграционной шины предприятия обладает большей гибкостью, поскольку интеграция новых сервисов требует минимального вмешательства.

При всех своих достоинствах у систем, в которых связь модулей обеспечивается с помощью интеграционной шины, есть один большой недостаток — интеграционная шина является узким местом. Сбой в работе, переполнение очереди сообщений, все это, в конечном счете, приведет, в лучшем случае, к задержкам в работе всех модулей, а в худшем к выходу системы из строя. Корректное функционирование интеграционной шины очень важно для корректной работы всей системы в целом.

В случае если при работе системы в шине возникают какие-либо сбои, необходимо иметь возможность легко выяснить причину ошибок, чтоб вовремя устранить их. Для этого возникает необходимость в создании системы, позволяющей анализировать потоки данных на интеграционной шине. Анализируя загрузку интеграционной шины, можно выполнить анализ состояния сети. В результате анализа можно понять, что какой-то узел сети не справляется с обработкой сообщений и перераспределять обработку либо подключая дополнительный процессор, либо заменять его на более производительный. И наоборот, если какой-то узел загружен недостаточно, то можно поставить туда более слабую машину, а лишние мощности использовать где-то ещё.

Анализировать потоки данных на шине можно с помощью следующих метрик:

1. наполнение очередей;
2. задержки в очередях.

Предлагается на основе метрик рассчитывать следующие характеристики для оценки нагрузки интеграционной шины, которых достаточно, для вынесения решения о необходимости изменения конфигурации серверов:

1. Среднее арифметическое значение количества сообщений за период времени;
2. Медиана количества сообщений за период времени;
3. Максимальное количество сообщений в очереди за период времени;
4. Минимальное количество сообщений в очереди за период времени;
5. Изменение количества сообщений за период времени.

Проведённые исследования позволили разработать методику анализа потоков данных в системе с сервис ориентированной архитектурой на основе нескольких метрик. Данная методика позволит грамотным образом распределить нагрузку при развёртывании и эксплуатации системы у заказчика, что снизит совокупную стоимость владения системой.

Список используемых источников:

1. Service-Oriented Modeling: Service Analysis, Design, and Architecture by Michael Bell. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey in 2008.
2. Enterprise Service Bus by David A. Chappell, 2004. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005, Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.
3. Hohpe, G., Woolf, B.: Enterprise Integration Patterns. Pearson Education, 2004.

## **Программа для цифровой обработки изображений на персональных документах**

Сафронов К.И.

Научный руководитель — к.т.н. Новиков П.В.

МАИ, Москва

Организации, осуществляющие учёт персональных данных граждан, часто осуществляют сбор этих данных в ручном режиме. Повышение эффективности такой работы является весьма актуальной задачей.

В настоящем докладе представлено программное обеспечение (ПО), способное автоматизировать ручной процесс по нахождению необходимых данных в персональных документах, используя возможности современной цифровой техники. Сотрудники организаций, отвечающие за сбор персональных данных, могут теперь существенно ускорить свою работу.

Предлагаемое ПО написано на языке Python с библиотекой OpenCV, имеющей инструменты для обработки изображения. Реализовано два модуля: модуль по вырезанию документа из скана и выравнивание его по осям  $x$  и  $y$ , необходимый для дальнейшей работы с требуемой областью документа; и модуль по нахождению текстовых контуров на изображении и разделению текстовых контуров на контуры букв. Вырезанные изображения букв сгруппированы так, что в одну группу входят изображения букв слова, отсортированные по оси  $x$ . Цифровые изображения букв передаются на обученную модели нейронной сети, которая определяет, что это за буква.

Для обучения нейронной сети выбрана библиотека Keras. Это открытая библиотека на языке Python, хорошо подходящая для работы с нейронными сетями. Для подготовки обучающей выборки был выбран способ искажения наборов шрифтов с помощью различных фильтров библиотеки OpenCV. Так же были добавлены различные фоны на изображениях символов.

Данное ПО способно обрабатывать сканы паспортов РФ. В будущем будет пополнено остальными персональными данными, такими как: СНИЛС, свидетельство о рождении, водительским удостоверением и т.д.

## **Использование структуризации звукового потока для реализации визуализации трехмерного представления звуковой волны**

Седенков Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Раменское

Плоское представление распространения волны на осциллограмме в определенной точке не дает четкого представления о картине распространения её в пространстве. Основная цель визуализации данных — качественное выявление закономерностей, что может обеспечить более эффективную работу по анализу и изучению изучаемых явлений. Однако традиционные методы визуализации звука, такие как спектрограммы и волновые формы, часто не передают пространственные аспекты звука, что затрудняет понимание того, как звук распространяется в пространстве.

В данной работе предлагается метод визуализации звуковых волн в трех измерениях с использованием структуризации звукового потока для согласования записываемых показателей одного и того же звука в нескольких точках пространства. Записывается звук в разных точках пространства, а затем производится структуризация каждой записи звукового потока. Основанием для согласования записываемых данных является одна и та же форма звукового потока при разных значениях амплитуд в подобных точках структуры. Эти данные затем используются для создания трехмерной визуализации звуковой волны, обеспечивая аппроксимацию ее пространственной структуры.

Чтобы разработать программу, визуализирующую звуковые волны в 3D, нам сначала нужно записать звук в различных точках пространства. Мы можем достичь этого, разместив

несколько микрофонов вокруг источника звука и записывая звук одновременно. Поток можно разбить на две характерные, с точки зрения структуры и содержания, части: первая часть — это участок «тишины», вторая — информационное содержание характерного узнаваемого участка, связанное с резким хлопком, ударом колокола и т. п. — звуковой маркер. Для определения звукового маркера необходимо применить структуризацию звукового потока, с помощью которой можно выделить нужную часть потока. На основе выделенных частей в различных потоках находится разница между ними. На основе этой разницы производится аппроксимация в тех точках пространства, где отсутствуют записывающие устройства — микрофоны. Результаты аппроксимации затем используются для трехмерной визуализации.

Этот метод может обеспечить более полное понимание пространственного распространения звуковых волн. Такой метод представления звукового сигнала имеет значительный потенциал в таких областях, как акустическая инженерия, звуковой дизайн и производство музыки. Дальнейшие исследования могут быть проведены для оптимизации методологии и повышения точности аппроксимаций.

Список используемых источников:

1. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев, Х. З. Нгуен, М. А. Малков, М. М. Фадеев // Программные продукты и системы. — 2018. — № 4. — С. 768-776

2. Балакирев Н.Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) // Информатика: проблемы, методология, технологии: матер. XIV Междунар. конф. Воронеж: 2014. Т. 1. С. 331–335

### **Система отслеживания поворота головы для построения математической модели пилота**

Сенькович С.Ю., Антонов И.М., Баскаков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.  
МАИ, Москва

В наши дни видеотехника используется во многих областях человеческой деятельности, являясь удобным и многоцелевым инструментом решения большого количества разноплановых задач. Система отслеживания движений головы — это комплекс устройств, позволяющих наблюдать за перемещением головы пользователя и фиксировать координаты её положения с последующим отображением их на экране персонального компьютера. Вместе с тем решение научных и технических задач при работе с визуальными данными (статического и динамического характера) требует особых математических и алгоритмических решений. Особенно эти решения значимы в том случае, когда применяется техника с малыми вычислительными ресурсами и памяти. Система отслеживания поворота головы позволяет имитировать круговой обзор в условиях эксплуатации малогабаритного пилотажного стенда в различных авиасимуляторах, как с помощью трекера, который представляет собой три светодиода, излучающих в инфракрасном электромагнитном спектре, так и без трекера. Первый подход является громоздким и, вдобавок, при определённом освещении может возникнуть проблема засветки, когда камера не справляется с определением местоположения датчиков, а также могут возникнуть дополнительные (лишние) сигналы, например, когда в обзор камеры попадет точка от лазера. Трекер крепится к голове человека посредством специального прибора. Второй подход подразумевает использование системы без трекера, за счёт нейросети. Он облегчает её эксплуатацию в совокупности со стендом, позволяет использовать обычную камеру, которая есть практически во всех переносных персональных компьютерах и позволяет обойти упомянутые выше две дилеммы, но при условии, что в обзоре камеры находится лишь один оператор. Сама система позволяет дублировать повороты виртуальной камеры в различных летательных аппаратах.

Для наблюдения человеческого фактора пилота можно использовать компьютерное моделирование и математические модели поведения летчика. Математическая модель позволяет оценить насколько качественно пилот управляет летательным средством, а также оценить летно-технические характеристики самолета. Пилот в данной модели является сложной системой, способной самообучаться. В процессе полета пилот адаптируется к внешним воздействиям, обеспечивая управляемость и устойчивость летательного аппарата. Модель поведения пилота, разработанная на основе автоматического управления, позволяет определить степень неустойчивости к колебаниям системы, вызванными действиями пилота.

Оптимальное взаимодействие человека и машины достигается в случае, если машина сконструирована с учетом возможностей человека, а человек хорошо знает динамические возможности объекта управления. Пилот оптимизирует свои действия для обеспечения управляемости и устойчивости летательного средства. Свойство адаптации поведения пилота означает целенаправленность его действий, которые можно представить в виде набора определенных критериев выбора параметров модели его поведения. Существует два вида критериев: частотный и обобщенный. В обобщенном критерии учитываются показатели точности пилотирования и загрузки пилота. При использовании частотного критерия предполагается, что пилот стремится обеспечить высококачественные характеристики системы слежения.

Результатом является возможность численно оценить модель поведения пилота, также оценить летно-технические характеристики летательного аппарата и системы управления пилотом.

Список используемых источников:

1. Антонов И.М., Мелоков С.А., Иванов Б.А. Мобильный пилотажный стенд / Сборник тезисов докладов XLVII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2021» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). Москва: Издательство «Перо», 2021. — Мб. [Электронное издание]. ISBN 978-5-00189-126-0.
2. Robust Full-Motion Recovery of Head by Dynamic Templates and Re-registration Techniques / J. Xiao, T. Moriyama, T. Kanade, J. Cohn // Intl. Journal of Imaging Systems and Technology, 2008.
3. R.F.Stengel, Flight Dynamics. Princeton University Press, 2004
4. Face Recognition by Blastic Bunch Graph Matching / L. Wiskott, J-M. Fellous, N. Krager, C. Malsburg // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell, 1997.

## **Разработка инструмента создания диаграмм вариантов использования на основании текстового описания**

Силионов И.Н.

Научный руководитель — Рубцов Е.А.

МАИ, Москва

На этапе концептуального проектирования программного обеспечения выявляются его предполагаемые варианты использования и целевая аудитория, представляющая собой группы заинтересованных лиц, для которых это программное обеспечение разрабатывается. В процессе решения этих задач текстовое описание программного обеспечения дополняется, как правило, диаграммами вариантов использования [2], которые включают в себя следующие графические элементы:

- Группы заинтересованных лиц (акторы, действующие лица);
- Варианты использования;
- Ассоциации групп заинтересованных лиц с вариантами использования;
- Включения одних вариантов другими;
- Расширения одних вариантов другими;
- Обобщения групп заинтересованных лиц;
- Обобщения вариантов использования;

Диаграммы вариантов использования входят в набор диаграмм унифицированного языка моделирования (Unified Modeling Language, UML) [1].

При проектировании компьютерных программ диаграммы создаются при помощи специализированных графических редакторов. Несмотря на многообразие инструментов, предлагаемых данными редакторами, существует потребность в автоматическом создании диаграмм на основании текстовых данных.

Целью данной работы является разработка инструмента преобразования текстового описания вариантов использования в диаграммы вариантов использования. Процесс достижения цели включает в себя решение следующих задач:

- Выработка требований к тексту, описывающему варианты использования;
- Разработка алгоритма для анализа текста;
- Разработка алгоритма для расчета размеров графических элементов;
- Разработка алгоритма для расчета координат графических элементов;
- Разработка алгоритма для отрисовки диаграммы на основании полученных ранее данных;
- Разработка алгоритма для экспорта данных о графических элементах во внешний формат.

Реализация данных алгоритмов позволит проектировщику сэкономить время на этапе концептуального проектирования.

Список используемых источников:

1. OMG : сайт. — URL: <https://www.omg.org/spec/UML> (дата обращения: 26.02.2023)
2. Буч Грэди, Якобсон Айвар, Рамбо Джеймс UML. Руководство пользователя. — М: ДМК Пресс, 2006. — 496 с.

## **Разработка и реализация системы хранения и предобработки данных защищенного депозитария системы «голосовая почта»**

Сорокин И.Н.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

Проблема защиты информации является очень важной в современном обществе. Это связано с развитием технологий и тем, что основным ресурсом общества в наше время является информация. В сети интернет появляется всё больше пользователей, которые используют различные приложения для хранения, обработки и передачи информации. Наряду с развитием и распространением сервисов для работы с информацией, растёт и вероятность нарушения информационной безопасности.

Информационная безопасность заключается в сохранении конфиденциальности, целостности и доступности информации. Под конфиденциальностью понимается свойство информации, связанное с тем, что к ним имеют доступ только уполномоченные лица, и никто кроме них [1]. Конфиденциальность информации обеспечивается правовыми и криптографическими мерами. Доступность информации заключается в возможности за короткое время получить доступ к информации или услуге [2]. Доступность информации обеспечивается денормализацией, репликацией и шардингом данных, где это необходимо. Целостность информации заключается в недопущении её разрушения или несанкционированного изменения. Для её обеспечения разработан метод хеширования [3].

Чтобы обеспечить защиту данных, с которыми работает пользователь, ведётся разработка модели защищённого депозитария (хранилища) для хранения пользовательских данных [4]. Взаимодействие с депозитарием будет вестись с использованием хранимых процедур, для возможности удаленного подключения к хранилищу и взаимодействия с депозитарием, обеспечивая при этом безопасность этого взаимодействия, так как хранимые процедуры ограничивают возможные углы атаки, ограничивая взаимодействие только с использованием скомпилированных заранее запросов.

В ходе работы было проведено исследование существующих СУБД и их анализ, а именно:

- OracleDatabase
- MySQL
- Microsoft SQL Server
- PostgreSQL
- Postgres Professional

Критериями оценки была их доступность, кроссплатформенность, безопасность, производительность, страна разработки и оценка потенциальной стоимости владения (ТСО). В докладе приводятся достоинства и недостатки изученных СУБД. Далее в ходе работы планируется использование выбранного на основании нескольких критериев решение для реализации защищённого депозитария.

Список используемых источников:

1. Мордасова, Е. В. «Информационная безопасность и защита информации.» (2015).
2. Соколов, С. С., Новоселов Р. Ю., Митрофанова А. В., «Методы обеспечения доступности информации в высоконагруженных информационных системах.» Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере 2 (28) (2018): 31-35.
3. Григорьев, Д. Ю. Хеширование / Д. Ю. Григорьев, В. Ю. Кондратьев // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сборник материалов I всероссийской студенческой научно-практической конференции, Краснодар, 21–25 января 2019 года. — Краснодар: КубГАУ, 2019. — С. 102-104
4. Башлыкова, М. Н. Разработка защищенного депозитария «Голосовая почта» // XLVIII Гагаринские чтения, Москва, 12–15 апреля 2022 года. — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 183-184.

## **Поиск символов на цифровых изображениях голландских натюрмортов**

Стрыгин Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

Автоматизация анализа изображений — задача из области прикладной математики, изучающей методы извлечения полезной информации из изображений. Анализ изображения включает в себя поиск объектов заданной формы, выделение границ, улучшение изображений, сегментацию и трекинг, количественное описание областей изображения.

Для ускорения и упрощения анализа цифровых изображений была проведена работа по созданию приложения, автоматизирующего поиск символов на голландских натюрмортах. В основе приложения лежит нейросетевая модель и база знаний.

Нейросетевая модель прогнозирует с приемлемой точностью сегменты на изображении. Точность определяется с помощью Intersection over Union метрики. Данная метрика показывает, насколько у двух объектов (эталонного и текущего) совпадает внутренний объём. Результатом обработки изображения моделью является сегментационная маска и именованные найденных сегментов.

Для получения модели обученной нейронной сети были выполнены шаги:

- Собрана выборка из цифровых изображений голландских натюрмортов
- Проведена аннотация каждого сегмента изображения, обладающего семантикой
- Подобрана метрика, регулирующая качество обучения нейросети на каждой эпохе
- Отобрана наиболее эффективная в обучении предобученная нейросетевая модель
- Использована аугментация над тренировочными данными для повышения точности

протокола обучаемой модели на валидации

Кроме того, для автоматического определения семантики символа была собрана база знаний, представляющую из себя коллекцию в виде пары «ключ-значение». Ключ — наименование сегмента, определенного моделью. Значением является непосредственно искомая семантика найденного сегмента.

Поиск символа в разработанном приложении проходит два этапа:

- Сегментирование изображения нейросетевой моделью
- Поиск семантики определённых сегментов в базе знаний

Анализ изображений с учетом разработанного приложения имеет высокую скорость и приемлемую точность, и как следствие, повысит производительность работы искусствоведа.

Список используемых источников:

1. Романов С. А., Лепешкин О. М., Стоянов Ю. П., Анализ методов сегментации изображений. // Молодой учёный. 2010. № 6(17). С. 26-28.

2. Мартин Фаулер, Прамод Садаладж, Методологии разработки нереляционных баз данных. // Диалектика. 2020.

## **Применение методов слепого разделения сигналов для борьбы с помехами в радиосистемах передачи информации**

Тяпкин П.С.

Научный руководитель — Важенин Н.А.

МАИ, Москва

Задача повышения помехоустойчивости радиосистем передачи информации в условиях априорной неопределенности относительно характеристик помех различного рода остается актуальной. Так, например, регулярно повышаются требования к качеству работы приемников радиосигналов при наличии импульсных и других промышленных помех в канале.

В данной работе для борьбы с импульсными помехами анализируется возможность использования цифровых алгоритмов слепого разделения сигналов, базирующихся на статистиках высоких порядков. Данные алгоритмы работают при наличии нескольких сигналов на входе, и поэтому применение этих алгоритмов подразумевает использование разнесенного приема.

Для исследования возможности применения алгоритмов слепого разделения сигналов при борьбе с импульсными помехами была разработана имитационная модель цифровой системы передачи информации, использующая сигнал с модуляцией ФМн-2.

В имитационной модели на радиосигнал ФМн-2 накладывается импульсная помеха, мощность которой может значительно превышать мощность сигнала. Были рассмотрены несколько случаев применения слепого разделения сигналов в зависимости от длительности, частоты и мощности импульсной помехи, а также от наличия фазовой рассогласованности между принятыми сигналами при разнесенном приеме.

Анализ полученных результатов показывает, что при наличии в канале импульсных помех с отношением сигнал-помеха -30 дБ достигается энергетический выигрыш при использовании методов слепой обработки сигналов, если отношение сигнал-шум равно 8 дБ и более.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности применения методов слепой обработки сигналов для борьбы с импульсными помехами.

## **Применение ChatGPT для автоматизированной генерации изображений в Telegram с помощью нейронных сетей**

Фадеева А.Д., Гусев А.Г.

Научный руководитель — Касатиков Н.Н.

МАИ, Москва

В данной работе предлагается к рассмотрению двухэтапный подход к созданию изображений, использующий возможности текстовых подсказок, которые генерируются с помощью ChatGPT, для создания графических и иллюстративных материалов и доступа к ним через Telegram.

Первый шаг включает в себя создание наборов текстовых описаний с применением ChatGPT и создание телеграм-бота с API ChatGPT, а второй — преобразование этих описаний в соответствующие изображения с помощью генеративно-состязательной сети (GAN), обученной на большом датасете, например, DALL-E.

В работе для создания Телеграм-бота использованы библиотеки aiogram, а также python-telegram-bot. Разработка проводилась с использованием версии Python 3.7. Кроме того, для создания модуля генерации были применены библиотеки PyTorch и TensorFlow.

Данный модуль встраивается в созданную программу по генерации в формате text-to-image[1], в которую мы интегрировали дообученную GAN-модель, основанную на Malevich XL и являющуюся частью модели ruDALL-E, которая работает в созданном Телеграм-боте [2]. С целью совершенствования нашего программного комплекса, в телеграм-бот был встроен функционал интеллектуального поиска. После текстового запроса от человека, бот на основе библиотеки реализует запрос пользователю, а затем эти символы попадают в телеграм-бот, который визуализирует полученную информацию.

Данная программа значительно ускорит понимание пользователем текстовой информации, поможет создавать референсные данные для работы дизайнеров, графических иллюстраторов, веб-разработчиков. Например, при создании сайта веб-дизайнеры смогут автоматизировать процесс создания макетов, что сократит время работы и сделает возможным создание для заказчика большего количества макетов.

Список используемых источников:

1. Фадеева А.Д., Касатиков Н.Н. «Генерация случайных изображений путем составленного алгоритма на основе методов нейронных сетей» Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVIII Гагаринские чтения 2022. — М.: Издательство «Перо», 2022. — Мб. [Электронное издание]. — с.206—207

2. Касатиков Н.Н., Фадеева А.Д., Пархаев В.А «Применение алгоритмов нейронных сетей для автоматической генерации по запросу в текстовом формате» 21-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 21-25 ноября 2022 года. Москва. Тезисы. — М.: Издательство «Перо», 2022– 8,06 Мб [Электронное издание]. — с.225—226

## **Автоматизация обработки экспериментальных данных в системах взаимодействия SCADA — СУБД**

Федоренко А.О.

Научный руководитель — Перчихин О.И.

МАИ, Москва

В связи с тенденцией к увеличению сложности измерительных средств и комплексов для проведения экспериментов задача регистрации, накопления и обработки данных становится все более актуальной. Для решения этих задач используются различные СУБД, однако процесс выгрузки экспериментальных данных и их обработки производится оператором в ручном режиме.

Целью данной работы является автоматизация взаимодействия SCADA — системы и базы данных для решения задачи обработки данных в единой виртуальной среде. В данной работе в качестве SCADA — системы использовалась среда LabVIEW.

Для решения задачи структуризации данных в рамках работы была разработана логическая модель базы данных, где сущностями являются функциональные узлы измерительного контура, а данные, получаемые с них — атрибутами.

Для проверки правильности логической модели данных используется метод нормализации. Нормализация гарантирует, что отношения, выведенные из существующей модели данных, не будут обладать избыточностью, способной вызвать нарушения в процессе обновления данных после их физической реализации.

На основе логической модели была построена физическая модель для системы управления базами данных Oracle. После проведения проверки работоспособности базы данных, был разработан программный модуль, позволяющий взаимодействовать с ней в

единой среде с измерительным контуром. Обращение к базе данных происходит в рамках работы основного программного обеспечения, что значительно ускоряет обработку результатов эксперимента.

Результаты работы применимы к дальнейшей интеграции в измерительные контуры различной конфигурации, а также могут быть использованы в качестве отдельной подсистемы протоколирования, обработки и экспортирования данных.

## **Принципы организации электронного документооборота в научной организации**

Хрулев П.А.

Научный руководитель — академик, к.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Значительная составляющая любой современной организации — документы. Системы управления документацией доказали свою эффективность и становятся всё более востребованным аспектом в управлении.

Система управления документооборотом является необходимым фундаментом для функционирования современной научной организации и при правильном подходе существенно оптимизирует процессы предприятия. Существует множество преимуществ в программном решении, вот некоторые из них:

Ускорение бизнес-процессов и контроль ситуации в режиме реального времени.

Решение по автоматизации создания и проектирования стандартизированных форм и документов помогают снизить риск человеческой ошибки.

Автоматизируя наиболее трудозатратные процессы можно добиться существенного сокращения административных расходов.

При этом существует так же ряд правил несоблюдение или не правильная интерпретация которых, при внедрении электронного документооборота, способны не только не оптимизировать работу предприятия, но и наоборот увеличить трудозатраты. Поэтому необходим не только анализ потребностей предприятия, но и понимание принципов организации электронного документооборота.

Принципы организации электронного документооборота в свою очередь включают множество как требований, непосредственно регламентированных стандартами, так и теми нормами, что диктует практика внедрений электронного документооборота.

Принципы электронного документооборота, продиктованные практикой внедрения:

Система управления электронными документами должна иметь надежные встроенные функции безопасности для обеспечения защиты информации с шифрованием данных при их передаче;

Классификация, разметка и сбор метаданных в фоновом режиме. Что в свою очередь, продиктовано необходимостью задания четкой структуры и иерархии;

Предоставление защищенного аудиторского следа — возможность отследить информацию о прошлых действиях, предпринятых с записью и пользователями;

Однократная регистрация документа, позволяющая однозначно идентифицировать документ данной системе;

При проектировании системы необходимо со всех сторон оценить соответствие функций и процессов информационно системы, не только той структуре и бизнес-процессам, что сложились на предприятии, но первоначальным задачам этих бизнес-процессов, рамках возможности их оптимизации;

Возможность параллельного выполнения операций, позволяющая сократить время движения документов и повышения оперативности их исполнения;

Непрерывная последовательность движения документа, позволяющая идентифицировать ответственного за исполнение документа в каждый момент времени жизни документа;

Единая база документации, исключая возможность дублирования документов;

Эффективно организованная система поиска документа, позволяющая находить документ, обладая минимальной информацией о нём;

Система должна иметь как возможность масштабирования, так доработки существующих процессов, при изменении целей или бизнес-процессов предприятия;

Интеграция с уже существующей информационной средой. Под этим необходимо понимать не только среду внутри самого предприятия, но и формы взаимодействия с основными контрагентами, а также нормы, установленные контролирующими органами;

Развитая система отчётности по различным статусам и атрибутам документов, позволяющая контролировать движение документов по процессам документооборота и принимать управленческие решения, основываясь на данных из отчётов.

Необходимо отметить, что праведны далеко не все принципы, которыми руководствуются при внедрении электронного документооборота. Однако даже несмотря на это можно сделать вывод, что к принципам относят как то, что при дальнейшей формализации можно будет определить как функциональные и нефункциональные требования к системе, так и рекомендации по самому процессу внедрения и общей организации процесса делопроизводства.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019. «Информация и документация. Управление документами. Часть 1. Понятия и принципы»

2. Управленческий документооборот: от бумажного к электронному. Вопросы теории и практики - 2е издание/ М. П. Бобылева -2019

## **Обработка потоков информации с использованием пользовательских правил в режиме реального времени**

Шабатокова Д.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Основным трендом развития информационных технологий в настоящее время является цифровая трансформация промышленного производства, под которой в широком смысле понимается процесс переноса в цифровую среду функций и бизнес процессов, ранее выполняемых людьми. Основными причинами такой трансформации являются требования, предъявляемые новыми технологиями и техникой, которые не в состоянии обеспечить традиционные технологии управления. Появление и внедрение промышленного интернета вещей на предприятиях, генерирует огромные объемы структурированных и слабо структурированных данных, обработка которых позволяет получить объективную оценку состояния производства, промышленной безопасности и бизнес процессов [2].

В индустрии разработки программного обеспечения существует класс задач, который требует быстрого реагирования и принятия решений. В связи с этим компании стремятся обрабатывать данные в момент их появления. Чаще всего такие задачи связаны с мониторингом объектов, в которых происходят постоянные изменения или генерируются новые данные, и выполнением некоторых predetermined действий на основе полученных данных. В таких случаях для достижения необходимо высокой скорости приема, обработки данных для анализа требуется использование систем передачи и обработки в режиме реального времени.

Обработка в режиме реального времени — это непрерывная обработка данных с минимальной задержкой для создания отчетов или автоматизированного реагирования в режиме реального времени (или приближенном к реальному времени) [1].

Данная работа посвящена исследованию существующих подходов к построению систем выполнения обработки потоков информации в режиме реального времени с использованием определенных правил, заданных пользователем, а также разработке собственной системы на основе современных технологий для организации распределенных потоковых вычислений.

Важнейшую роль обработка с минимальной временной задержкой занимает в решении задач промышленной безопасности. Быстрое обнаружения неисправностей на объектах обеспечивает высокую эффективность и качество производственных систем и является важным условием оптимального функционирования производственных предприятий [3]. С увеличением многообразия данных на промышленных предприятиях, появляется необходимость обработки информации различными способами. Решение данного вопроса возможно при добавлении комплексных алгоритмов обработки потоков и событий или пользовательских правил.

Источником данных в системе являются события, а также метаданные конфигурационных единиц объектов контроля. Объектом расчета является комплексный параметр, который отражает состояние объекта контроля, например у произвольного объекта могут быть такие параметры, как «Пожар», «Разгерметизация», «Давление» и др. Каждый комплексный параметр определяется сценарием — набором функций или логических операций над правилами. Основная единица комплексного сценария — правило, составными частями которого являются входные данные, описывающие объект контроля, такие как, например, системное имя объекта контроля.

Непрерывно поступающая информация рассчитывается по правилам, определенным в комплексном сценарии для каждого параметра. Комплексный сценарий поддерживает множество функций, среди которых логические, временные, а также функции сравнения состояний/значений объектов контроля.

Таким образом обработка потоковых данных на основе пользовательских правил в системе позволяет определять итоговое состояние параметра в реальном времени, что способствует своевременному обнаружению неисправностей на объектах контроля и предотвращению более крупных потерь.

Система внедрена в модуль расчета обобщенного состояния и технического риска на опасных производственных объектах ИП «PhoenixDS».

Список используемых источников:

1. Gustavo Pérez Alvarez «Real-Time Fault Detection and Diagnosis Using Intelligent Monitoring and Supervision Systems» — 2020
2. AlaaAbdulhadyJaber, Robert Bicker. «Development of a Condition Monitoring Algorithm for Industrial Robots based on Artificial Intelligence and Signal Processing Techniques» — Mechanical Engineering Department, University of Technology, Iraq. — 2017
3. Akinyokun O. C, Ekuewa J. B., Arekete S. A. «Development of agent-based system for monitoring software resources in a network environment». Department of Physical Sciences, Landmark University, Omuaran, Nigeria. — 2014

## **Машинное обучение для обнаружения загрязнений акваторий**

Шпилевой А.Д., Чернышук А.О., Громаков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Экологическим службам невозможно уследить за обширными акваториями, а судовладельцы и другие природопользователи ставят выгоду превыше всего. С помощью спутниковых снимков и баз данных о движении судов можно обнаружить загрязнения и установить судно-нарушитель. Для этого необходимы модели компьютерного зрения.

Данную задачу можно решить методами классического компьютерного зрения, так как данные имеют довольно простую топологию — монотонные изображения, высококонтрастные изображения кораблей. Это же позволяет решить задачу с применением «маленьких и лёгких» моделей машинного обучения. В работе были обучены ML- и DL-модели для классификации и семантической сегментации, использовались разные подходы к извлечению признаков из изображений.

Модели обучались на снимках Черноморского побережья, данные Sentinel-hub. Для обучения нейронных сетей данные дополнительно аугментировались с помощью Albumentations.

Первый подход для извлечения признаков — представление изображений в RGB-пространстве, где координаты есть среднее по каналам. Для этого необходимо было разбить ROI на мелкие части, так как разные оттенки в сумме могли давать одно значение. Однако из-за конечности разбиения некоторые классы оказались неразделимы.

Следующий подход — извлечение гистограммы изображения. Так как снимки имеют простую топологию, вся необходимая информация для классификации содержится в гистограмме. На этих данных обучались: логическая регрессия, метод опорных векторов, деревья принятия решений, метод K-ближайших соседей. Параметры подбирались сеточно, в случае ДПР-байесовская оптимизация. Лучшая метрика качества оказалась у метода опорных векторов: F1-мера, равная 0.945. Данные модели могут работать и на мобильных устройствах.

После рассматривались методы глубокого обучения — сверточные нейронные сети, fully-convolution networks. Для их обучения также была решена задача частичной автоматизации разметки данных, помощи человеку при выделении кораблей, облаков. В качестве backbone использовались относительно простые сверточные слои, применялось трансферное обучение. Нейронные сети показали себя лучше моделей классического ML — они имеют лучшую генерализующую способность.

Выяснено, что поставленная задача в полной мере решается с помощью машинного обучения, при этом не требуется больших вычислительных мощностей. При использовании для обучения больших объемов данных представленные модели могут применяться государственными органами для экологического мониторинга.

Список используемых источников:

1. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun. Deep Residual Learning for Image Recognition // Труды конференции «IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)». 2016.

2. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012). 2012.

## **Секция №3.3 Электроника, конструирование и технология приборостроения**

---

### **Исследование возможности применения конденсаторов в качестве датчиков давления для анализа механических напряжений печатных плат со встроенными компонентами**

Барабанов В.С., Кулик М.В., Клебан А.В.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

Увеличение функциональных возможностей и миниатюризация электронных устройств влекут за собой снижение их надежности. Использование встроенных компонентов решает данную проблему [1], так как появляются новые возможности для конструирования электронных узлов. Однако, неизвестно, каким образом встроенные компоненты будут влиять на механические характеристики печатного узла [2]. Экспериментально оценить напряжения внутри печатной платы затруднительно из-за отсутствия датчиков, которые можно приспособить под эти цели. В связи с этим можно использовать керамические конденсаторы в качестве чувствительного элемента.

Керамические конденсаторы состоят из чередующихся керамических и металлических слоев, которые при увеличении давления на компонент меняют свою емкость за счет изменения расстояния между пластинами. Предполагается возможность вычисления значения измеряемой величины, посредством регистрации данных изменений.

Исследованы изменения емкости поверхностно монтируемых конденсаторов Murata серии GRM в корпусе 0603 от приложенного давления в зависимости от номинальной емкости (от 15 пФ до 10 мкФ), максимального рабочего напряжения (от 10 до 250 В) и материала диэлектрика (NP0, X7R, Y5V) — всего исследуется 25 различных комбинаций параметров.

В ходе исследования разработан экспериментальный образец печатной платы, на которой расположена выборка из 9 конденсаторов одного наименования. Затем субтрактивным методом изготовлены 25 одинаковых печатных плат, на которые через трафарет нанесена паяльная паста и расположены конденсаторы. Процесс пайки произведен в конвекционной печи. Образцы помещены под пресс-станок Bungard Electronik RMP 210, и с каждого конденсатора сняты значения емкости четырехточечным методом при диапазоне давления от 0 до 10 атмосфер.

Получена математическая модель изменения емкости конденсатора в зависимости от его параметров, определена принципиальная возможность использования конденсаторов в качестве датчиков, поскольку при параметрах, соответствующих прессованию ПП, происходит значительное изменение емкости конденсатора. Также нужно отметить недостатки, а именно температурную нестабильность емкости от температуры, что необходимо учитывать при проведении испытаний печатных плат со встроенными компонентами.

Список используемых источников:

1. Korobkov M.A., Vasilyev F., Mozharov V.A. A comparative analysis of printed circuit boards with surface-mounted and embedded components under natural and forced convection. *Micromachines* 2022, 13(4), 634.

2. Коробков М.А., Хомутская О.В. Исследование аспектов конструирования и изготовления печатных плат со встроенными компонентами.

Тезисы работ международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения» XLVIII. Москва, 2022, с. 218-219.

## **Разработка системы умного обогрева электроники**

Бондарь К.Е., Севастьянова Е.В., Минасян В.Б.

Научный руководитель — Исаев В.В.

МАИ, Москва

Сегодня в России набирают популярность IoT устройства. Однако к некоторым из них нельзя подвести провода для управления и обратной связи. Поэтому их необходимо делать портативными и автономными, устанавливая аккумуляторы и ресиверы для удаленного доступа. В связи с чем у портативных устройств появляется ограничение на использование. Одним из таких ограничений являются условия эксплуатации, которые определяются по самым уязвимым компонентам. Для портативных устройств такими компонентами являются аккумуляторы и одноразовые батарейки. Они в свою очередь обладают определенными характеристиками, а емкость аккумулятора — самая важная из них.

Фактическая емкость аккумулятора может значительно отличаться от номинальной, ввиду чувствительности к температуре окружающей среды. Например, для литий-ионных и железо-фосфатных аккумуляторов такими температурами являются  $-20^{\circ}\text{C}$  и  $-40^{\circ}\text{C}$  соответственно, работа при которых приводит к потере емкости, быстрой разрядке и деградации аккумуляторов. Так как в некоторых регионах России, наблюдаются резкие перепады температур на протяжении всего года, а порой в некоторых регионах температура достигают отметки  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже, то проблема эксплуатации устройств с аккумуляторами стоит крайне остро.

Одним из немногих решений выше упомянутой проблемы является поддержание рабочей температуры аккумулятора. Для этого разрабатывается система умного обогрева. Поддержание заданной температуры реализовано при помощи ПИД-регулятора для нескольких каналов нагрева. Так как теплообмен с окружающей средой зависит от внешних условий, то в общем случае необходимая мощность для поддержания заданной температуры зависит от от мощности тепловых потерь у теплоизолирующего кейса, чехла или подложки для конкретной системы.

Также важно определение оптимальных параметров работы системы обогрева, для чего необходимо проводить испытания в климатической камере. Критериями для поиска оптимальных параметров были выбраны: минимальная деградация аккумулятора, минимальное потребление энергии на обогрев и максимальное время автономной работы. Также был разработан план климатических испытаний, который предусматривает исследование зависимости предельной поддерживаемой температуры от температуры окружающей среды, графика расхода и деградации аккумулятора при различных температурных режимах с использованием нашей системы и без нее, а также при использовании постоянного нагрева. На основе проведенных климатических испытаний была разработана методика расчета параметров для оптимальной работы умной системы обогрева. Для расчета необходим сбор данных о потреблении устройством электроэнергии и отдаваемой мощности у аккумулятора при различных температурах. На основании этих данных рассчитывается целевая температура аккумулятора при заданной температуре окружающей среды и текущем потреблении устройства, которая позволяет достигнуть максимального времени автономной работы устройства.

Предлагаемое техническое решение позволит увеличить как время работы автономных устройств в условиях низких температур, так и срок службы аккумуляторов в целом.

Список используемых источников:

1. Hongxun L., Yangyang W., Wenhua L., Fangxu S., Mingze H. Decay mechanism and capacity prediction of lithium-ion batteries under low-temperature near-adiabatic condition // *Inorganic Chemistry Communications Volume 137*, March 2022, 109151

2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) // Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. — Москва, 2019. — 79 стр.

## **Разработка предложений по совершенствованию диагностического обеспечения конструкций ракетно-космической техники**

Бугаева Е.Д., Копылова Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Спирыгин В.В.

МАИ, Москва

В настоящее время, при проектировании и производстве ракетных двигателей на твердых топливах (РДТТ), широко применяются полимерные композиционные материалы (ПКМ), (например углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) обладающие: высокой удельной прочностью, сохраняющейся при температуре до 2973 К; малым коэффициентом термического расширения; стойкостью к термоудару; достаточной жесткостью [1].

С целью обеспечения безопасной эксплуатации изделий, выполненных из ПКМ, способы неразрушающего контроля материалов конструкций из ПКМ должны обеспечивать возможность контроля внутренних и поверхностных дефектов, толщины и сплошности покрытия. Вопрос выявления микроструктурных повреждений композиционных материалов, в том числе с применением акустико-эмиссионного метода контроля (АЭК), широко рассматривался в работах [2,3]. Однако для обоснованной оценки технического состояния изделий, выполненных из ПКМ и прогнозирования их работоспособности необходимо проведение комплексного исследования по созданию акустико-эмиссионного портрета компонентов, входящих в их состав, путем изучения параметров сигналов акустической эмиссии, возникающих при их разрушении.

Исходя из анализа предметной области, для решения задач технического диагностирования конструкций из ПКМ необходимо изучение особенностей разрушения компонентов ПКМ и разработка критериев оценки их технического состояния, а проведение технического диагностирования целесообразно проводить с применением акустико-эмиссионного метода контроля (АЭК), как наиболее подходящего метода контроля для объектов данного типа.

В ходе исследования, цель которого заключалась в совершенствовании существующего диагностического обеспечения изделий, выполненных из ПКМ за счет применения АЭК, подтверждена возможность выявления случаев разрушения наполнителя силовой оболочки при нагружении армированных конструкций и определения вида разрушаемого наполнителя армированных конструкций из ПКМ. Полученные данные об особенностях разрушения наполнителей позволили получить акустико-эмиссионный портрет разрушения армированных ПКМ, который позволяет делать вывод о виде разрушающегося материала по отличительным признакам.

Список используемых источников:

1. Галкин Г.Н. Двигательные установки ракет: учебник/ Г.Н. Галкин, А.С. Мигачев, Е.А. Ильин. 2-е изд. — Серпухов ФВА РВСН Им. Петра Великого, 2020. — 492 с.
2. Erofeev, M., Grazion, S., Spiryagin, V., Koval, S. (2021). Research of the parameters of acoustic emission signals during the destruction of the liner material and the power shell of a metal-composite high-pressure cylinder. *Journal of Physics: Conference Series* this link is disabled, 2021, 2131(2), 022062.
3. Chou, H.Y. & Mouritz, A.P. & Bannister, M.K. & Bunsell, A.R. (2015). Acoustic emission analysis of composite pressure vessels under constant and cyclic pressure. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 70. 10.1016/j.compositesa.2014.11.027.

## **Разработка никель-кадмиевых короткоразрядных аккумуляторов для систем энергоснабжения летательных аппаратов**

Гагарина А.Ю.

Научный руководитель — Житников А.П.

АО «НИАИ «Источник», Санкт-Петербург

В настоящее время в отечественной авиации возникает острая необходимость импортозамещения короткоразрядных аккумуляторных батарей (АКБ) никель-кадмиевой электрохимической системы. Несмотря на существования в России единичных организаций, способных к самостоятельной реализации аккумуляторной продукции применительно к системам энергоснабжения летательных аппаратов, спрос на авиационные батареи в должной степени не удовлетворен.

Короткоразрядные никель-кадмиевые аккумуляторы обладают рядом преимуществ для применения в сфере авиации. К ним, прежде всего, относятся: высокие удельные энергетические характеристики, значительный срок службы и ресурс, относительно малые трудозатраты в обслуживании, меньший диапазон климатических ограничений в применении. Важными критериями также выступают высокая надежность и безотказность в продолжительности обслуживаемого периода.

Отсюда возникает необходимость в разработке АКБ с использованием отечественных материалов и комплектующих, обладающих высокими зарядно-разрядными характеристиками.

В рамках конструкторско-исследовательской работы сотрудниками научно-исследовательского отдела АО «НИАИ «ИСТОЧНИК» была осуществлена разработка никель-кадмиевых аккумуляторов для систем энергоснабжения летательных аппаратов, KSX-27.

Аккумуляторы комплектуются в АКБ емкостью 27 А·ч и напряжением 24 В. Исходя из габаритов АКБ, были рассчитаны габариты аккумуляторов типа KSX-27. Расчет электрических характеристик аккумуляторов был произведен на основании расчетов габаритов аккумуляторов по внутренним размерам АКБ и среднестатистического уровня характеристик, равных 0,39 А·ч/см<sup>3</sup> для положительного электрода, и 0,55А·ч/см<sup>3</sup> для отрицательного электрода.

Для моделирования и проведения испытаний были изготовлены пропорционально уменьшенные макеты аккумуляторов емкостью 20 А·ч (KSX-20). В качестве основы электродов для макетов была выбрана просечная никелевая фольга со слоем спеченного карбонильного никеля — традиционная основа спеченных металлокерамических электродов для короткоразрядных Ni-Cd аккумуляторов. Для проверки влияния площади токосъема на величину разрядных характеристик, аккумуляторы были разделены на группы с различной толщиной полосы никелевой фольги, приваренной по центру электрода, в качестве дополнительной токоснимающей составляющей.

Анализ испытаний макетов токами 5Сн и 10Сн показал, что при наличии дополнительного элемента токосъема на коротких начальных периодах разряда напряжение как функция от времени характеризуется плавным снижением.

В ходе работ была подтверждена возможность разработки и последующего изготовления АКБ с максимальным использованием отечественных материалов и комплектующих более 90%.

## **Метод масочной компенсации неравномерности излучения в системе прямого экспонирования на основе жидкокристаллической матрицы**

Зайкин В.Д.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

Производство печатных плат включает в себя много технологических операций, но наиболее важной, трудной и дорогой является операция переноса рисунка топологии на заготовку — экспонирование. Существующие на данный момент установки экспонирования

имеют ряд недостатков: зависимость точности воспроизводимого рисунка от точности плоттера; физическое изнашивание фотошаблонов; трудоемкость позиционирования фотошаблона; высокая стоимость высокоточных установок; устранение которых возможно с помощью метода, в котором в качестве фотошаблона выступает жидкокристаллическая матрица [1]. Однако, одним из недостатков разработанного прототипа установки такого типа является неравномерность излучения, попадающего на фоторезист, что влечет за собой неравномерность полимеризации фоторезиста и, следовательно, дефекты.

Неравномерность распределения излучения, попадающего на фоторезист, обусловлена используемым рассеивателем. Так как он представляет собой матрицу из линз, в местах их пересечения между собой свет рассеивается в меньшей мере, тем самым фоторезист не получает необходимой энергии для достаточной полимеризации.

В работе рассматривается метод компенсации неравномерности излучения с помощью наложения полупрозрачной маски на отображаемое жидкокристаллической матрицей изображение топологии. Компенсация будет производиться следующим образом: в точке минимального расстояния между линзой и ЖК матрицей маскируемый шаблон будет иметь высокое затемнение, а с удалением от этой точки затемнение будет постепенно уменьшаться вплоть до его отсутствия.

Для проверки предложенного метода компенсации неравномерности излучения проведены эксперименты с применением такого шаблона. Результат применения данного подхода показал заметное улучшение — графики гистограмм изображений лишились пологих краев и приняли форму пиков, в то время как без использования шаблона гистограммы имели пологие края и не обладали ярко выраженным пиком.

Для определения параметров экспонирования берется наименее полимеризованный участок и, путем варьирования расстояния между рассеивателем и ЖК матрицей и временем экспонирования, калибруется до момента совпадения своего значения со значением эталонного изображения, полученного на установке контактного экспонирования Bungard Hellas. Полученные параметры в дальнейшем используются при формировании маскирующего шаблона.

В ходе экспериментов проведены исследования изменения математического ожидания цвета фоторезиста, гистограмм распределения цвета и изменение цвета фоторезиста в срезах изображений.

Проверялось совпадение математического ожидания цвета заготовки с эталонным. Однако его совпадение с эталоном не дает возможности вынести суждение об идентичности изображений. Для получения более полного представления об изображении строились гистограммы распределения цвета фоторезиста. Анализ показал, что даже при учете минимального отклонения математического ожидания вид гистограммы заготовки может сильно отличаться от эталона: иметь один или два пологих края либо иметь несколько пиков, в то время как эталонная гистограмма имеет вид четкого вертикального пика. Помимо этого, построены графики изменения цвета фоторезиста в отдельно взятых срезах изображений. Их анализ подтвердил предположение, что значение цвета фоторезиста варьируется в соответствии с расположением линз на рассеивателе.

Для формирования шаблона маскирующего шаблона разработана следующая методика. При откалиброванных параметрах совпадения цвета наименее полимеризованного участка с эталонным производится экспонирование нескольких заготовок. Полученные изображения программным образом суммируются и из полученного результата выделяется шаблон, который будет обладать наибольшим затемнением в точках минимального расстояния между линзами и ЖК матрицей с постепенным уменьшением затемнения к местам стыков линз.

Таким образом, разработанный метод позволил в значительной степени уменьшить неравномерность излучения, что позволило улучшить технологическую операции экспонирования. Данный метод в дальнейшем можно улучшить путем полного программного автоматизирования формирования шаблона.

Список используемых источников:

1. М. А. Коробков, В. Д. Зайкин, Е. С. Маречев, О. В. Хомутская, Ф. В. Васильев, 2023. Система прямого экспонирования на основе жидкокристаллической матрицы. Научное приборостроение, 2023, том 33, № 1, с. 65–85, ISSN 0868-5886.

## **Информационно-измерительная система поверки преобразователей высокого напряжения**

Ильин А.С.

АО НИИЭМП, Пенза

Все электрические установки на самолете в зависимости от назначения и взаимосвязи можно подразделить на источники и потребители электрической энергии. Источниками электроэнергии являются генераторы, которые вырабатывают различный уровень напряжения для систем постоянного и переменного токов. Отдельные установки применяют напряжения 5, 10 и 20 кВ. Применение высокого напряжения в бортовой аппаратуре и установках контроля электрооборудования требует наличия первичных высоковольтных преобразователей и СИ. Для поверки высоковольтных преобразователей и СИ применяются специальные ИИС поверки.

Обзор существующих систем УПК-100 и У-400, их особенностей и недостатков, позволил реализовать новую автоматизированную ИИС поверки преобразователей высокого напряжения для постоянного тока, представляющую собой трехканальную систему воспроизведения и измерения высокого напряжения (до 30 кВ) под управлением ПК.

Система имеет источник, воспроизводящий высокое напряжение, задаваемое ПК, образцовый киловольтметр, преобразующий и измеряющий воспроизводимое напряжение, и ПК, формирующий временной процесс работы системы, и обрабатывающий полученные данные. Дополнительно подключается поверяемый преобразователь высокого напряжения.

Особенностью ИИС в автоматизированном режиме с использованием ПК является возможность подключения различных измерителей напряжений, режимы поверки которых установлены в НТД на поверяемые СИ.

ПО позволяет устанавливать соотношения интервалов запуска высокого напряжения и синхронного измерения в определенный момент времени в каналах 2 и 3, повышая точность системы.

В результате была проверена работа в непрерывном и прерывистом режимах. Непрерывный режим способствует тепловому нагреву компонентов каналов и изменяет метрологические характеристики системы. Работа в прерывистом режиме, благодаря оптимальному соотношению временных интервалов (время выдержки под напряжением / время до подачи напряжения), позволяет снизить температуру нагрева и повысить точность измерения.

Учитывая большое количество применяемых высоковольтных преобразователей и СИ, следует отметить преимущество новой автоматизированной ИИС поверки, позволяющей в короткий срок проводить поверку преобразователей высокого напряжения.

## **Исследование деформация печатной платы в зависимости от количества отверстий**

Инашевский А.А.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

В процессе изготовления практически любых изделий появляются различные деформации. Дефекты, связанные с деформацией, проявляются на конечных этапах технологического процесса и приводят к увеличению количества бракованных изделий. Снизить количество дефектов позволяет предварительная оценка деформации в ходе процесса изготовления изделия и внесения корректив на этапе разработки.

Эксперименты, проводимые в статье Хомутской О.В. «Разработка методики и алгоритмов автоматизированной оценки деформации в многослойных печатных структурах» [1], проводились с предположением, что отверстия, на базе которых проводился анализ деформации, никак не влияют на величину деформации. Однако при увеличении количества отверстий уменьшается внутреннее напряжение, что приводит к увеличению деформации печатной платы.

В работе проведено исследование деформации печатной платы в зависимости от нескольких параметров: расстояния между отверстиями, диаметром отверстий и толщиной печатной платы.

Составлен план проведения экспериментов, включающий в себя: варьирование следующих параметров: расстояния между отверстиями (1 мм, 2 мм, 4 мм), диаметром отверстий (1 мм, 1,5 мм, 2 мм) и толщиной платы (0,51 мм, 1 мм, 1,5 мм). В ходе работы спроектированные заготовки просверлены с разными расстояниями между отверстиями с помощью сверлильного станка ЧПУ Bungard CCD/ATC. Просверленные образцы сканировались в разрешении 2400 точек на дюйм, затем анализировались в программе, в которой сравнивались два изображения: изображение платы с эталоном, и выведены данные о математическом ожидании смещения отверстий.

Заготовки предоставляют из себя стеклотекстолит FR-4 Tg135 с варьируемой толщиной и размером 100 x 150 мм, по углам которой нанесены три реперные точки через специальную рамку.

На основе результатов проведенного исследования выявлено, что с увеличением расстояния между отверстиями математическое ожидание смещений отверстий уменьшается. Отсюда можно сделать вывод: взаимное расположение отверстий влияет на деформацию печатной платы, а именно при увеличении зазора между отверстиями печатная плата деформируется меньше.

Список используемых источников:

1. Khomutskaya O.V., Medvedev A.M., Korobkov M.A., Vancov S.V. The Method of Automated Evaluation of the Deformation of the Printed Circuit Board. In proceedings — ICOECS 2021: 2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems, Ufa, 16–18 november 2021, p. 510–512.
2. Куликов Н., Хомутская О., Ванцов С. Цифровой метод автоматизированной оценки деформации печатной платы. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2(173), 2018, с. 186–191.

## **Структура программно-аппаратного комплекса «устройство для самоконтроля зрения человека»**

Казакова В.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

Бытовая жизнь каждого человека резко изменилась с появлением и последующим развитием сети Интернет, и теперь большинство современных профессий так или иначе связано с работой с встроенными дисплеями, будь то компьютеры или гаджеты. Как известно, непрерывное использование таких устройств может негативно влиять на зрение человека, сказываться в том числе на его остроте и может привести к болезням зрительного аппарата.

Целью данной работы является разработка структуры программно-аппаратного комплекса, позволяющего контролировать состояние зрительного аппарата без посещения специализированных клиник. Для ее достижения необходимо изучить зрительную систему человека, выбрать метод измерения параметров зрения, разработать структуру и алгоритм программы для профилактики болезней глаза.

В современном мире проблема автономной проверки зрения достаточно актуальна, поэтому уже существуют устройства, позволяющие это делать.

Недавно изобретенное устройство от компании EyeQue под названием EyeQue VisionCheck [1] — автоматический быстродействующий авторефрактометр, предназначенный для домашней проверки остроты зрения. Специальное мобильное приложение, идущее в паре к устройству, позволяет быстро измерять и анализировать рефракционную ошибку (параметр, связанные с фокусирующей способностью глаз и выявляющий близорукость, дальнозоркость и астигматизм). Иностранный производитель этого устройства назначает цену за ежемесячную подписку, что может стать финансово недоступно пользователям, а также данное устройство не является беспроводным и требует непосредственного подключения к корпусу телефона.

Основная функция модуля — на основе критической частоты слияния мельканий определять степень здоровья зрительной системы человека. Слияние мельканий — процесс, при котором человек перестает различать отдельные мелькания источника света и воспринимает их как непрерывное равномерное свечение. Критическая частота — частота, соответствующая границе перехода мельканий от различимых к слитым. Зрение человека находится в пределах нормы, если данный параметр составляет от 40 до 46 Гц [2]. Если данный параметр выходит за границы нормы, т.е. понижается до 30 Гц и меньше, это может свидетельствовать о развитии патологии в зрительном аппарате человека и необходимости немедленного лечения.

В основе устройства — программируемый контроллер ATmega328, кнопка включения с подтягивающим резистором и светодиод. После включения устройства к питанию однократное нажатие на кнопку запускает процесс измерения КЧСМ: диод начинает мерцать, постепенно увеличивая скорость переключения, на определенной частоте пересекая критическую частоту глаза пользователя. Как только это произойдет, необходимо снова нажать на кнопку, это остановит работу диода и зафиксирует величину измеряемого параметра. После этого устройство снова готово к работе.

Данное устройство может использоваться не только для проверки зрения, но и для профилактики различных его заболеваний, а также для тренировки его параметров. Структура таких зарядок является модульной: на наборе из 25 диодов можно организовать множество вариантов зарядок, для этого в микроконтроллер будут подгружены соответствующие варианты программ. Расширенная структурная схема содержит в своем составе дополнительные элементы — микросхемы 74НС595, необходимые для расширения количества выводов микроконтроллера для управления большим количеством светодиодов. На данном наборе компонентов реализована зарядка для глаз, позволяющая тренировать такой параметр зрительной системы как скорость восприятия. Принцип работы таков: после нажатия на кнопку диоды, сформированные в матрицу 5x5, загораются в определенном порядке и показывают некоторое количество цифр с определенной скоростью (количество и скорость показа цифр выбираются пользователем). Чем выше скорость смены цифр, тем сложнее их воспринимать человеческому глазу и обрабатывать их, а при увеличении количества показываемых цифр задача еще усложняется.

На основе моделирования программы для тренировок был осуществлен подбор компонентов и трассировка печатной платы.

Таким образом, в данной работе были рассмотрены аналоги разрабатываемого программно-аппаратного комплекса, выявлены недостатки представленного на рынке устройства. Также показаны принципы работы модуля для проверки зрения и модуля для тренировок.

Список используемых источников:

1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗРЕНИЯ. EYUQUE VISIONCHECK [Электронный ресурс] URL: <https://chipgifts.ru/eyeque-visioncheck> (Дата обращения: 17.01.2023)

2. Критическая частота слияния мельканий [Электронный ресурс] URL: <https://www.vseozrenii.ru/obsledovanie-glaz/kriticheskaya-chastota-sliyaniya-melkanij/> (Дата обращения: 17.01.2023)

## **Формализация вероятностного метода конструкторско-технологической оценки надежности печатной платы**

Коробков М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.

МАИ, Москва

В настоящее время можно выделить два метода оценки надежности: вероятностно-статистический и физико-химический. Первый подход опирается на применение интенсивности отказов, формируемой на основе статистических данных, а второй — на модели, получаемые путем анализа причин и процессов отказов элементов электронных устройств. При этом, оба подхода имеют недостатки. Результаты вероятностно-статистического подхода необходимо подтверждать испытаниями, которые либо длительны по времени, либо требуют большой размер выборки образцов, что невыгодно. В свою очередь, построение физико-химических моделей затруднено как сложностью самих процессов, так и большим числом параметров, влияние которых необходимо учитывать. Устранение недостатков существующих методов определяет необходимость в формировании нового метода оценки надежности.

В качестве величины, позволяющей количественно оценить надежность, предлагается использовать вероятность бездефектного изготовления печатной платы или вероятность возникновения хотя бы одного дефекта, как противоположного события. Под дефектом понимается несоответствие изготовленной продукции требованиям приемки, описанных в стандартах (IPC, ГОСТ).

Технологический процесс определяет последовательность, взаимосвязь и характеристики качества технологических операций, тем самым определяя возможности производства. Примерами характеристик, использование которых возможно, являются: фактор травления и величина подтравы для операции травления, неровность воспроизведения края фоторезиста для операции экспонирования [1,2] и отклонение координат входного отверстия от заданного для операции сверления [3]. Все эти характеристики носят могут быть описаны законами распределения с помощью статистических методов контроля качества. Однако, параметры закона распределения определяются с помощью параметров конструирования (ширина проводника и зазора, размер контактных площадок и отверстий и т.д.). Тогда, определение надежности сводится к задаче нахождения вероятности попадания того или иного параметра в интервал, величина и пределы которого определяются указанными в стандартах значениями.

Таким образом, предложенный метод позволяет оценить вероятность изготовления печатной платы по проекту с учетом параметров производства, тем самым предоставляя конструктору и технологу обратную связь о сложности изготовления, что позволит оценить возможности оптимизации трассировки и стоимость изготовления соответственно. Преимуществами метода является: отсутствие необходимости в длительных испытаниях, опциональное использование физико-химических моделей процессов и модульность (возможность добавления и исключения технологических этапов). Также предложенный метод может быть использован для решения более сложных задач, а именно определения параметров конструирования печатной платы в зависимости от возможностей производства и наоборот, подбор производства, которое сможет изготовить разработанную печатную плату.

Список используемых источников:

1. Vasilyev F., Isaev V., Korobkov M. The influence of the PCB design and the process of their manufacturing on the possibility of a defect-free production. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2021, 97(3), 91-96.
2. Исаев В.В., Коробков М.А. Влияние параметров проектирования и технологических процессов на вероятность появления дефектов на печатных платах, 19-я международная конференция «Авиация и космонавтика», М: Перо, 2020, с.265–267.
3. Коробков М.А. Вероятностная модель изготовления бездефектной печатной платы в зависимости от параметров ее проектирования на этапе сверления отверстий, 21-я международная конференция «Авиация и космонавтика», М: Перо, 2022, с.229–230.

## **Разработка и прототипирование устройства оповещения ультразвукового диапазона**

Косолапова А.О., Золотенкова М.К.  
Научный руководитель — Егоров В.В.  
МАИ, Москва

В современных городских условиях всё большее распространение находят те или иные системы, позволяющие обезопасить перемещение и упростить навигацию по городу для слабовидящих людей. К таким системам можно отнести светофоры, снабженные звуковым оповещением о том, что переход разрешен, рельефную разметку на тротуарах, применение шрифта Брайля и прочее. При этом слуховой канал восприятия является для слабовидящих людей приоритетным и разработка систем, воздействующих на слух, сохраняет актуальность.

Существует проблема, связанная с тем, что чрезмерное зашумление города различными источниками звука создает дискомфорт для простых горожан, что ограничивает возможности применения звуковых оповещений в городе для предупреждения и навигации слабовидящих людей.

Коллективом СКБ-4 МАИ была предложена концепция, при которой на светофорах, у подъездов домов, в опасных местах и т.п. установлены излучатели ультразвуковых сигналов ограниченного радиуса действия. Сами ультразвуковые сигналы в данном случае представляют собой перенесенный по частоте на 20 кГц вверх звуковой сигнал, содержащий в себе голосовое сообщение. У слабовидящих людей предполагается наличие с собой небольшого недорогого устройства с ультразвуковым микрофоном, которое переносит спектр регистрируемого ультразвукового колебания на 20 кГц вниз, тем самым обеспечивая возможность прослушивания передающегося сообщения через наушники. При этом граждане, не оснащенные прибором для прослушивания, не будут слышать сообщения и, вследствие, испытывать дискомфорт.

В работе предлагается схемотехническое и конструктивное решение для устройства, устанавливаемого на объектах городской инфраструктуры, включающее в себя ультразвуковой излучатель, усилитель, устройство питания и устройство воспроизведения необходимого сообщения. Также приводятся результаты эксперимента с оценкой дальности действия системы и предлагаются варианты внедрения системы в городскую инфраструктуру.

Список используемых источников:

1. Ветров Е.В., Устройства приёма и обработки сигналов, Красноярск, ИПК СФУ, 2008;
2. Григорьев А.А., Лекции по теории сигналов: учебное пособие, М., МФТИ, 2014;
3. Невзорова П.А., Городская навигация как критерий формирования комфортной среды, Сб. статей XXII международной студ. научно-практической конф. №11, с. 24-29;
4. Журавлева Л.М., Теория передачи сигналов, учебное пособие, М, 2017 г.

## **Использование эффектов Зеебека и Холла при эскизном протезировании электродвигателя для энергетического обеспечения космического аппарата- исследователя среднего и дальнего космоса**

Леонтьева Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Анисимов В.М.

МАИ, Москва

В 1821 году было открыто термоэлектричество. Открытие принадлежит прибалтийскому физiku Томасу Зеебеку. Термо-ЭДС — электродвижущая сила, возникающая в электрической цепи, состоящей из 2-х проводников в частности полупроводников, контакты между которыми имеют различную температуру (Эффект Зеебека). Такая цепь называется термоэлементом (термопарой).

Данный эффект использовался при измерении температурных полей с помощью терпар на стенде лаборатории экспериментальных исследований. На реальных конструкциях, перспективных ЛА.

Целью настоящей работы было разработать возможность использования этого эффекта для получения батареи термо — ЭДС, которая будет использована для энергетического обеспечения КА, учитывая возможности создания на космическом аппарате разницы температур.

Эффект Холла заключается в возникновении поперечного электрического поля в пластине по которой протекает ток, при помещении ее во внешнее магнитное поле

Эффект Холла в данном случае используется для создания поперечного электрического поля объединенного электрического поля в батарее.

Для реализации эффекта Зеебека на борту космического корабля необходим перепад температур при движении его в космическом пространстве. Корпус будет принимать температуру межпланетной среды, для оценки  $T_1 \sim 100\text{K}$  соответственно, без учета радиационного нагрева (Солнце) части поверхности. Место повышенных температур можно создать с помощью ядерной энергии. Этот источник энергии (тепла) определит высокую ( $T_2$ ) температуру.  $T = T_2 - T_1$

Таким образом получается устройство без движущихся элементов.

Список используемых источников:

1. В. П. Жузе, Е. И. Гусенкова «Библиография по термоэлектричеству» М. Л. 1963
2. С. А. Фридрихов «физические основы электронной техники» М. 1982
3. А. Ф Коффе «Полупроводниковые термоэлементы» М.Л 1960

## **Программная реализация системы имитационного моделирования производственных процессов**

Лийн Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Хомутская О.В.  
МАИ, Москва

В реалиях перехода современного мирового производства к индустрии 4.0 открываются новые возможности и перспективы развития предприятий. Но, прежде чем принимать решения об изменениях в соответствии с парадигмой цифрового производства, необходимо не только критически оценить текущую ситуацию и выявить проблемные места, но и изучить существующие процедуры по увеличению эффективности и возможность их применения на конкретном производстве, что в совокупности представляет собой сложную и трудоёмкую задачу, решаемую методами имитационного моделирования. Имитационное моделирование при должном подходе позволяет не только промоделировать текущие и возможные ситуации, но и оценить степень влияния каждого фактора в любой момент времени как на отдельные участки, так и на всё производство, что позволяет провести подробный анализ и принять решение о необходимости внесения корректировок.

На основе предложенного алгоритма [1] функционирования позиции производственного участка (блока) и обработчика блоков — супервизора, разработано программное обеспечение для формирования план-графиков работы позиций производственного участка. Разработанная программа позволяет оценить эффективность производственного процесса и определить его параметры с помощью внедрённых критериев оценки: загруженность производственного участка и некомпенсированность производственных линий. На основе информации, полученной в результате оценки, возможно проведение корректирующих действий с использованием методов бережливого производства [2]. Также возможно сравнение различных вариантов представления производственного участка, что позволяет не только снизить трудозатраты в оценке производства, но также: выявить узкие места производственного процесса; определить влияние каждой операции или группы операций на процесс в целом; оперативно оценить эффективность возможных решений по улучшению предприятия.

Совокупность разработанных инструментов является гибкой и легко адаптируемой к внедрению дополнительных модулей, за счёт чего возможна дальнейшая модернизация. В дальнейшем предполагается расширение имитационной модели, а именно внедрение обратных связей и вероятностных процессов, в том числе, человеческого фактора.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных — кандидатов наук (МК-582.2022.4).

Список используемых источников:

1. Е.А. Лийн, О.В. Хомутская, С.В. Ванцов. Применение методов алгоритмизации в процессе имитационного моделирования технологических процессов // Электроника НТБ. — 2023. — №1. — с. 122-127.
2. G. Hoellthaler, S. Braunreuther, G. Reinhart. Requirements for a methodology for the assessment and selection of technologies of digitalization for lean production systems // Procedia CIRP. — 2019. — Vol. 79. — P. 198-203.

### **Разработка и исследование автоматизированной системы управления движительно-пропульсивных установок подвижных объектов**

Лозневой Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

В настоящее время движительно-пропульсивные установки используются на подвижных объектах и успешно развиваются. Морской флот России располагается в акваториях трех океанов, а именно Северного Ледовитого океана, Тихого океана и Атлантического океана, а также на территории 12 морей. Их изучение, исследование и освоение является одним из важнейших направлений в наше время.

Интенсивное усложнение и увеличение масштабов промышленного производства, развитие экономико-математических методов управления, внедрение ЭВМ во все сферы производственной деятельности человека, обладающих большим быстродействием, гибкостью логики, значительным объёмом памяти, послужили основой для разработки автоматизированных систем управления работой движительно-пропульсивных установок нового поколения, которые качественно изменили формулу управления, значительно повысили эффективность. Достоинства компьютерной техники проявляются в наиболее яркой форме при сборе и обработке большого количества информации, реализации сложных законов управления судами.

Целью данной работы является анализ состояния движительно-пропульсивных установок и автоматизированных систем управления ими в плане развития современного морского и речного судоходства. В работе излагаются основные требования к движительно-пропульсивным установкам для определённого класса судов, рассматривается техническое предложение по структуре автоматизированной системы управления работой данной установки, анализируются основные задачи, решаемые данной системой.

На основании изложенного материала сделан следующий основной вывод, что судовые движительно-пропульсивные комплексы в сочетании с автоматизированными системами управления судном позволяют успешно решать широкий спектр задач, стоящих перед современным отечественным судостроением в сферах экологии, океанологии, физики моря.

### **Разработка устройства автоматизированного ультразвукового лужения проводов**

Ляпин А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

В России одни из самых больших запасов алюминия в мире. Но при этом в отечественной радиоэлектронике и электротехнике использование этого металла ограничено его свойством образовывать оксидную пленку, обладающую диэлектрическими свойствами,

и разрушением контактов при образовании гальванической пары с самым распространенным материалом в электротехнике — медью. Достоинствами алюминия в сравнении с медью являются значительно меньшая цена и меньший в 3,3 раза удельный вес, что открывает возможности удешевления и облегчения линий связи и электротехнических устройств. Использование луженых алюминиевых проводов способно решить проблему коррозии этого материала на воздухе, а также снизит разницу электрохимических потенциалов при контакте алюминия с медью через материал припоя. В контакте алюминий — припой — медь разница в электрохимических потенциалах каждого контакта является допустимой [1], что позволяет использовать данное сочетание металлов для передачи тока. Следовательно, станет доступна установка контакта алюминиевого провода с медью в бытовых условиях без последующего его разрушения. На данный момент в силовых линиях электропередачи для защиты от коррозии используют гальваническое цинкование с добавлением олова, покрытие антикоррозийной краской или же органической антикоррозийной смазкой [2]. При лужении, нанесенный на провод припой будет являться токопроводящей защитой от коррозии.

В моей работе приведен вариант конструкции и функциональная схема устройства автоматизированного ультразвукового лужения проводов, а также технологический процесс для него. Применение ультразвукового лужения позволит упростить и удешевить процесс нанесения антикоррозийного покрытия проводов. При таком виде нанесения не требуется применение активных флюсов и линий гальваники. Помимо алюминия, данное устройство может паять большинство материалов с плохой паяемостью без флюсов.

Разработанное устройство состоит из амортизирующих роликов, нагревающейся ванны для припоя, пьезоэлектрического излучателя и устройства подачи припоя. Провод проходит через ванну с расплавленным припоем, в который введены упругие ультразвуковые колебания, в ванной на провод оседает припой, после ванны провод охлаждается и выходит из устройства, наматываясь на бобину, либо следуя дальше по производственной линии, если устройство лужения встроено в производство. Лужение проволоки и проводов из материалов с плохой паяемостью возможно благодаря снятию оксидного слоя с поверхности металла кавитацией в расплавленном припое, вызванной введением в припой упругих ультразвуковых колебаний пьезоэлектрическим элементом [3]. Применение устройства автоматизированного ультразвукового лужения на данный момент ограничено минимальной толщиной провода и скоростью лужения.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 9.005-72 Единая система защиты от коррозии и старения. МЕТАЛЛЫ, СПЛАВЫ, МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами.
2. Коррозия алюминия в кабельных проводниках, [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.yifangcable.com/ru/corrosion-of-aluminum-in-cable-conductors>, (дата обращения 28.02.2023).
3. Ланин, В. Л. Бесфлюсовая ультразвуковая пайка в электронике / В. Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. — 2007. — № 4. — С. 23 — 27.

## **Модификация полетного контроллера беспилотного летательного аппарата на основе открытых стандартов Pixhawk**

Мареичев Е.С.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

В текущих реалиях, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали неотъемлемой частью нашей жизни и продолжают развиваться, увеличивая свои возможности и границы применимости. К сожалению, большая часть существующих БПЛА обладают рядом значимых недостатков, таких как: низкая надежность полетных контроллеров, возможность поломки всей системы управления при отказе двигателей, отсутствие возможности взаимодействия с аппаратурой различными сторонними элементами управления,

недоступность электронных компонентов, необходимых для изготовления и ремонта. В связи с этим, остро стоит потребность в модификации существующих реализаций с целью исправления недостатков.

Работа представляет собой разработку полетного контроллера БПЛА, на основе конструктивных и схемотехнических решений полетного контроллера Pixhawk 2.4.5. В ходе работы произведен анализ конструкции и выявлены недостатки: существующая система имеет низкую вероятность сохранения работоспособности при столкновении, из-за выхода из строя датчиков в полетном контроллере. Также неудобные для пользования контактные разъемы легко выдираются при использовании.

Для устранения недостатков и модификации полетного контроллера внесены следующие доработки:

Датчики вынесены на отдельную печатную плату, для увеличения прочностных характеристик.

Заменены контактные соединения на более прочные.

Изменена трассировка печатной платы контроллера.

Добавлена совместимость полетного контроллера с Raspberry pi.

На основе результатов проделанной работы разработана улучшенная версия на основе Pixhawk 2.4.5., в которой исправлены недостатки данного полетного контроллера, блок датчиков вынесен на отдельную плату, заменены контактные соединения на более ударопрочные, добавлена совместимость полетного контроллера с Raspberry pi, проведено моделирование в программе SolidWorks с целью определения оптимального расположения печатных плат для достижения лучших прочностных характеристик.

Список используемых источников:

1. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. — М: Техносфера, 2007. — с. 256

с. ISBN: 978-5-94836-131-4.

2. Джонсон Г., Грэхем М. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств.

Начальный курс черной магии. Пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. — 624 с. : ил. — Парал. тит. англ. ISBN 5-8459-0807-8

## **Исследование и оптимизация процесса создания проводящего рисунка печатных плат на станке с числовым программным управлением**

Начиналов В.В., Барабанов В.С., Кулик М.В.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

В настоящее время производство печатных плат может быть произведено многими методами, в том числе механическими. Одним из таких методов является гравировка топологии с помощью станка с числовым программным управлением (ЧПУ). Однако, при изготовлении печатных плат таким методом на конечный результат оказывает влияние большое количество факторов, например скорость подачи фрезы [1].

В работе проведено исследование технологической операции фрезерования для определения оптимальных параметров станка с ЧПУ Bungard CCD/ATC с помощью метода полного факторного эксперимента. В качестве параметра оптимизации принято значение отклонения ширины изготовленного проводника от проектируемого.

В ходе выполнения работы:

1. Определены параметров процесса [2]. В качестве параметров технологического процесса взяты: глубина погружения фрезы (от 2,35 до 2,6 мм), количество итераций фрезерования (от 1 до 3), скорость вращения (от 38000 до 60000 об/мин) и скорость подачи фрезы (от 400 до 800 мм/мин).

2. Определены обрабатываемые материалы. В экспериментах для изготовления образцов используется фольгированный стеклотекстолит FR4 толщиной 2 мм и толщиной фольги 35 мкм.

3. Определен инструмент. Для выполнения работы взята треугольная фреза с углом 60°.

4. Составлен план проведения эксперимента. Проведено несколько полных факторных экспериментов, где изменяемые параметры выбирались попарно. Для каждой конфигурации параметров изготовлены 4 печатные платы [3]. На каждой плате проводились измерения ширины проводников в 10 точках.

5. На основе полученных данных составлена математическая модель зависимости точности токопроводящего рисунка печатной платы от выбранных параметров.

6. Произведена оптимизация технологического процесса. На основе математической модели рассчитаны значения параметров технологического процесса, при которых разница между проектируемой и изготовленной шириной проводников минимальна.

Таким образом, в ходе исследования для заданных диапазонов параметров технологической операции фрезерования проведена серия полных факторных экспериментов, на основе которой построена математическая модель операции и, определены оптимальные значения параметров для минимизации отклонения ширины проводников.

Список используемых источников:

1. Ванцов С.В., Медведев А.М., Маунг Маунг З., Хомутская О.В. Анализ процесса сверления отверстий в композиционных материалах оснований печатных плат // Надежность и качество сложных систем, 2016, с.37-44 — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26024122> (дата обращения: 26.02.2023)

2. Ванцов С.В., Медведев А.М., Маунг Маунг З., Хомутская О.В. Надежность процесса сверления печатных плат, понятие отказа // Электроника: наука, технология, бизнес, 2016, с.168-188 — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27022246> (дата обращения: 26.02.2023)

3. Khomutskaya O.V., Medvedev A.M., Korobkov M.A., Vancov S.V. The method of automated evaluation of the deformation of the printed circuit board / PROCEEDINGS — ICOECS 2021: 2021 International conference on electrotechnical complexes and systems, 2021, P.510-512. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48151027> (Дата обращения 26.02.2023)

## **Проблемы обработки изображений в рамках металлографического анализа печатных плат**

Оганов Г.А., Минасян В.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Склеимин Ю.Б.

МАИ, Москва

Металлографический анализ — один из видов разрушающего контроля, который позволяет проводить исследование структуры различных материалов, как правило металлов и сплавов. Помимо этого, применяется при исследовании печатных плат и узлов для качественного и количественного определения различных дефектов, что позволяет с высокой точностью определять дефекты из-за отклонения в техпроцессах изготовления, а также нарушение целостности паяных соединений и топологии печатной платы после механических, термических или иных воздействий.

При исследовании печатных плат для проведения измерений на фотографиях микрошлифов используется объект-микрометр, представляющий собой стеклянную пластину с нанесенными рисками. Фотография микрошлифа сопоставляется с фотографией объект-микрометра, сделанной при том же фокусном расстоянии камеры, что позволяет наложить изображение объект-микрометра на изображение микрошлифа, и с его помощью проводить измерения.

В рамках работы разрабатываются алгоритмы измерения расстояний и углов, а также методики оценки их погрешности. Разработка программного обеспечения, реализующего вышеупомянутые методики и алгоритмы позволит автоматизировать обработку снимков микрошлифов, в результате чего должны сократиться затраты времени и повыситься достоверность данного метода разрушающего контроля.

Разрабатываемое программное обеспечение принимает на вход набор снимков микрошлифов и снимок объект-микрометра, с помощью которого осуществляется привязка снимков к координатной сетке в микрометрах. Привязка к координатной сетке позволяет проводить линейные и площадные измерения на снимках, что необходимо для определения количественных показателей дефектов печатных плат и узлов.

По окончании обработки снимков программное обеспечение сохраняет результат в виде файла, хранящего привязанные к координатной сетке снимки, метаданные снимков, информацию о проведенных измерениях, а также позволяет экспортировать изображение микрошлифа с нанесёнными измерениями.

Список используемых источников:

1. Воруничев Д.С., Засовин Э.А., Металлографический анализ при обеспечении качества производства многослойных печатных плат с межслойными соединениями в составе радиоэлектронных систем, Радиотехника и электроника №2 2019

2. Медведев А.М., Анчевский И., Металлографический анализ многослойных печатных плат, Технологии в электронной промышленности №2 2005

3. ГОСТ ИЕС 62326-4-1-2013 «Платы Печатные. Часть 4-1. Жесткие многослойные печатные платы с межслойными соединениями. Технические условия. Требования соответствия. Классы качества А, В, С.»

## **Разработка автоматизированной системы оптического контроля наличия изделий на производственном конвейере**

Олейник С.С., Сунгатуллин С.Р.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

На современных промышленных фабриках активно внедряются роботизированные системы управления производством с целью повышения качества и эффективности производства. Благодаря чему увеличиваются скорость и количество произведенных продуктов в единицу времени. Однако механическое замещение ручного труда имеет некоторую погрешность в контроле дефектов в процессе изготовления товара. На каждом этапе производства есть вероятность некорректной транспортировки объектов (случайное падение товара, сбой в захвате объекта конвейером), в результате чего фактическое количество выпущенных товаров отличается от планируемого числа.

Целью работы является создание автоматизированной системы контроля, позволяющая вести к минимуму количество ошибок работы конвейера в перемещении изделий. Необходимо сигнализировать о неисправной работе конвейера, а также определять место, в котором конвейер работает наиболее неисправно.

В результате работы спроектирован макет устройства, представляющий собой систему цифровых инфракрасных (ИК) датчиков движения под управлением микроконтроллера. Датчики устанавливаются на линии конвейера таким образом, что каждый датчик отвечает за свою область транспортировки. Они фиксируют наличие или отсутствие изделий в ячейках конвейера и отправляют данные микроконтроллеру, который в свою очередь сигнализирует о состоянии объекта (наличие или отсутствие) на конвейере посредством светодиодов, находящихся в области соответствующего датчика движения. Зеленые светодиоды сигнализируют об исправной работе конвейера, красные — об отсутствии изделия в нужной ячейке. Таким образом, при неисправной работе конвейера останавливается вся линия конвейера и местонахождение сбоя определяется по светодиодам.

Список используемых источников:

1. Турпищева, М.С. Проблемы надежности ленточных конвейеров портовых зерновых терминалов / М.С. Турпищева, Н.В. Дульгер, В.К. Пенский // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2015. — №1. — С. 110-113

2. Л.Г. Шахмейстер, Л.Г. Дмитриев. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1978. — 392 с.
3. Киселев, Б.Р. Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов: учеб. пособие/ Б.Р. Киселев, М.Ю. Колобов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. — Иваново, 2019. — 179 с.
4. Андрей, Ткаченко und Александр Осичев Динамические процессы в электроприводах забойных скребковых конвейеров / Андрей Ткаченко und Александр Осичев. — М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. — 216 с.

### **Применение методики вариации Аллана для оценки качества блока лазерных гироскопов**

Самолдин Е.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гребенюк Е.И.

МАИ, Москва

Современные требования к авиационным навигационным системам включают: повышение степени автоматизации управления и принятия решений, повышение надежности, информативности, точности формирования выходной информации, снижение массогабаритных параметров и потребляемой мощности, помехоустойчивость. Этим требованиям отвечает новая отечественная навигационная система, основным чувствительным элементом которой является малогабаритный цифровой блок лазерных гироскопов.

Целью работы является проведение практического опробования методики вариации Аллана для оценки качества малогабаритного блока лазерных гироскопов (МБЛГ) в процессе испытаний. Временной график дисперсии Аллана в логарифмическом масштабе позволяет по наклону кривой судить о наличии и преобладании той или иной погрешности прибора и на этом основании давать заключение о его качестве.

В работе представлены предложенные технология испытаний и созданная для ее реализации аппаратура в виде автоматизированного рабочего места (АРМ). Особенностью АРМ является наличие блока контроля параметров, предназначенного для подачи питания на МБЛГ, снятия данных о работе системы, преобразования их из двоичного кода и передачи на промышленный компьютер. Рассмотрены особенности разработанных алгоритма и методика проведения испытаний МБЛГ с использованием АРМ.

Приведены результаты механических и климатических испытаний МБЛГ в виде графиков дрейфа угловой скорости со временем, спектральной плотности мощности по осям XYZ. С использованием оригинального программного продукта произведены вычисления и построены зависимости дисперсии Аллана в логарифмическом масштабе. Установлено, что типичными погрешностями партии МБЛГ, прошедшей испытания, являются дрейф нуля гироскопа и случайный дрейф угловой скорости.

### **Анализ состояния вопроса в области разработки комплексов для контроля характеристик приборов первичной информации летательных аппаратов**

Седаев Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Вычислители дистанционного управления (ВДУ), являются важной частью системы управления летательным аппаратом. Долгое время система управления самолётов была чисто механической. Усилия от штурвала и педалей передавались к рулям посредством тросовой проводки, проложенной на шкивах внутри конструкции планера, при этом рулевые машины автопилота включались параллельно в проводку управления. В дальнейшем тросовая проводка была заменена трубчатыми тягами, как выдерживающая большие усилия и менее подверженная деформациям. С ростом высот и скоростей появились вычислители

дистанционного управления, помогающие пилоту, так как человеческих сил для привода механизмов самолёта стало уже просто не хватать.

Система дистанционного управления (СДУ) — это система управления, в которой отсутствует традиционная механическая связь между рычагами управления и исполнителями элементами, отклоняющими аэродинамические органы управления.

Целью настоящей работы является проведение анализа состояния вопроса в области разработки комплексов для контроля характеристик приборов первичной информации летательных аппаратов. В докладе рассматриваются: устройство ВДУ, его технические характеристики, схема подключения оборудования, основные принципы работы [1].

В результате проведенных исследований было определено, что для обеспечения безопасности полета, особенно на этапе отработки сложных цифровых СДУ бывает оправданным применение совместно с цифровой СДУ автономной резервной аналоговой СДУ, имеющей свои датчики, вычислители и линии связи [2].

В докладе рассматриваются также: последовательность операций разработанной методики испытаний, методик сборки, приводятся результаты испытаний, даются рекомендации по практическому использованию результатов проведенных исследований.

Список используемых источников:

1. Алёшин Б.С., Баженов С.Г., Диденко Ю.И., Шелюхин Ю.Ф. Системы дистанционного управления магистральных самолётов. / Б.С. Алёшин, С.Г. Баженов, Ю.И. Диденко, Ю.Ф. Шелюхин — М., «Наука» 2013, 292 с. ISBN 978-5-02-038091-2.

2. Алёшин Б.С., Шелюхин Ю.Ф. Повышение безопасности полёта средствами автоматизации управления. / Б.С. Алёшин, Ю.Ф. Шелюхин // Труды ЦАГИ. 2011. Вып. 2699 стр. 10-18.

## **Разработка интеллектуальной системы учета энергоресурсов**

Смирнов Н.А.

Научный руководитель — Таскин Р.И.

МАИ, Москва

Сейчас почти в каждой квартире установлен счетчик водоснабжения и счетчик электроэнергии. В связи с политикой государства замены устаревших счётчиков и внедрения в ЖКХ интеллектуальных систем учёта (ИСУ) энергоресурсов, в домах устанавливаются счетчики с возможностью подключения к ИСУ. При этом само подключение к ИСУ не производится несмотря на то, что данная система сняла бы заботу с пенсионеров и малоподвижных людей обязанность фиксировать показания с счетчиков ежемесячно.

Реализованная система обладает следующим набором функций:

- 1) снятие и передача показаний с приборов учета в установленное время ежемесячно.
- 2) снятие и передача показаний по запросу пользователя.
- 3) Обеспечение автономного режима работы устройств, снимающих показания в течение 6 месяцев.
- 4) Хранение и анализ данных за последние 24 месяца для построения графиков потребления.

Для решения данных задач на базе кафедры 307 была разработана система фиксации показаний приборов учета. Система состоит из:

Устройство считывания показаний с счетчика на базе микроконтроллера ESP 32.

Сервер, с развернутой на нем базой данных, обеспечивающий хранение данных.

Telegram бот, для передачи данных пользователю с возможностью настройки частоты передачи показаний и получения статистики расходов энергоресурсов.

Модуль считывания, реализованный на микроконтроллере ESP 32, позволяет получать показания счетчиков воды через импульсные выходы счетчика, а для счетчика электроэнергии считывание данных происходит по интерфейсу RS-485, хранить последнее полученное значение в энергонезависимой памяти на случай потери питания. Обладает несколькими режимами работы. Энергосберегающий, в котором предусмотрена только возможность считывания показаний, подсчет значений осуществляется с помощью

сопроцессора. Основной режим работы необходимый для передачи данных на сервер через Wi-Fi, данные передаются по протоколу MQTT.

Сервер развернут на Raspberry Pi. В качестве реляционной базы данных используется PostgreSQL. Данные хранятся в двух таблицах. Первая таблица используется для идентификации пользователя, вторая для хранения данных полученных от устройств. Для общения сервера с телеграмм ботом используется Telegram Bot API.

Telegram bot выступает в качестве пользовательского интерфейса системы. Функционал бота позволяет пользователю запрашивать показания счетчиков из базы данных, настраивать интервал передачи данных от устройства на сервер, просматривать показания за предыдущие периоды.

Список используемых источников:

1. Паспорт, счетчик горячей воды крыльчатый WFW2 — Москва: итэлма-ресурс, 2015. — 16 с.
2. ESP32 Technical Reference Manual: сайт. — URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf) (дата обращения: 25.01.2023).
3. Нил Кэмерон. Электронные проекты на основе ESP8266 и ESP32: Создание приложений и устройств с поддержкой Wi-Fi / пер. с англ. Ю.В. Ревича. — Москва: ДМК Пресс, 2022. — 456с.

### **Разработка и создание прототипа набора датчиков для регистрации биомпедансных сигналов мышц в области предплечья**

Ульянова Е.С., Сазонов О.И.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

При создании протезов, в частности роботизированных протезов кисти руки, важной и достаточно сложной в решении задачей является оценка требуемого положения пальцев протеза. Эта информация извлекается за счёт оценки состояния мышц сгибателей и разгибателей пальцев в области предплечья.

Данную оценку можно проводить различными методами, отличающимися чувствительностью и помехоустойчивостью. Также важным критерием является сохранение целостности кожных покровов, то есть неинвазивность метода. Одним из неинвазивных методов является биомпедансный метод, при котором на кожные покровы в области той или иной мышцы с помощью поверхностных электродов подаётся высокочастотный сигнал, создающий слабые электрические токи в тканях руки. Регистрация этих токов с помощью группы датчиков и их измерение позволяет оценивать состояние той или иной мышцы в отдельности, что в целом решает задачу оценки положения пальцев.

На базе СКБ-4 МАИ было разработано устройство, позволяющее формировать высокочастотные сигналы и коммутировать их между датчиками в наборе, закрепленном на руке в области предплечья (восемь датчиков). Также было разработано устройство регистрации сигналов, позволяющее записывать выборки длительностью до восьми секунд в память с частотой дискретизации 300 кГц, что позволяет решать проблему записи биомпедансных сигналов. Анализ полученных данных проводился в среде Matlab, для которой было написано требуемое программное обеспечение.

Однако в ходе эксперимента стало ясно, что система датчиков, применяемая для подачи и снятия сигналов с кожных покровов, оказывает значительное влияние на качество получаемых данных. Таким образом возникла задача разработки и прототипирования набора датчиков, который предполагалось закреплять на руке.

В текущей работе представлены анализ, разработка и создание опытного образца такого набора датчиков и результаты эксперимента с ними. В ходе проведения эксперимента были выявлены зависимости параметров полученных сигналов от положения пальцев кисти руки и сделан вывод о применимости предложенной системы датчиков в последующих исследованиях.

Список используемых источников:

1. Сафин Д., Пильщиков И., Ураксеев М. Современные системы управления протезами // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009. 60-68.
2. Сафонова И.А., Кудашов Л.П. Моделирование, анализ и исследование информатичности сигналов импедансной реографии. МГТУ им. Н.Э. Баумана. б.д.
3. Сташенко В.Б. Школа схемотехнического проектирования устройств обработки сигналов // Компоненты и технологии. № 3, 4. 2000.
4. Науман Г., Майлинг В., Щербина А. Стандартные интерфейсы для измерительной техники. Пер. с немецкого Бондаревского А.С. М. МИР. 1982

## **Разработка структуры стенда для верификации показателей безотказности типовых групп резервирования электрорадиоизделий**

Уркунов А.К., Цветков В.Э., Ландер Л.Б.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

В радиоэлектронных средствах (РЭС) для обеспечения надежности используется завышенное число резервируемых элементов, что отрицательно влияет на их массогабаритные характеристики. Причиной этому является недостоверность математических моделей оценки надежности из-за расхождения результатов расчетов и эксперимента [1].

В данной работе разработана структура стенда, который позволяет проводить ускоренные испытания электрорадиоизделий (ЭРИ). Целью работы является повышение достоверности оценки надежности при проектировании РЭС. Для этого были изучены теоретические материалы по обеспечению надежности РЭС [2], проанализированы методы защиты проводов от низких и высоких температур, а также разработана и проанализирована структура программно-аппаратного комплекса

Разрабатываемый стенд для проведения ускоренных испытаний состоит из четырех компонентов: печатного узла, климатической испытательной камеры, контрольно-измерительного модуля и персонального компьютера (ПК).

В печатном узле содержатся разъемы и резисторы, являющиеся объектом исследования.

Климатическая испытательная камера позволяет изменять температуру в диапазоне от -55 °С до +125 °С и контролировать надежность ЭРИ. В камеру помещается печатный узел, который соединен проводами с контрольно-измерительным модулем, расположенным вне камеры. Для соединения печатного узла и контрольно-измерительного модуля были выбраны соединительные провода «папа-мама», которые имеют изоляцию из материала ПВХ. Однако, при ускоренных испытаниях изоляция может расплавиться, что приведет к нарушению передачи информации между платой и контрольно-измерительным модулем.

Для расширения диапазона температурной эксплуатации соединительных проводов в настоящее время используются специальные защитные покрытия, среди которых наиболее распространены термостойкий кембрик и металлическая оплетка [3]. Термостойкий кембрик, представляющий собой стекловолоконную трубку с силиконовым покрытием, обладает отличной устойчивостью к высоким и низким температурам, а также имеет высокие электроизоляционные свойства. Металлическая оплетка, в свою очередь, обеспечивает защиту от температурных и механических воздействий и может быть использована в диапазоне от -60 °С до +350 °С. В данном стенде для соединительных проводов был выбран термостойкий кембрик в связи с его более высокой температурной устойчивостью и более низкой стоимостью по сравнению с металлической оплеткой.

Контрольно-измерительный модуль используется для измерения электрических параметров ЭРИ, таких как напряжение и сила тока, формирования управляющих сигналов и передачи этой информации на ПК посредством последовательного протокола UART для обеспечения мобильности устройства. Он содержит микроконтроллер Arduino Mega 2560, Bluetooth модуль, силовые ключи, датчики тока, диоды Шоттки, схемы защиты от короткого

замыкания [4] и мультиплексоры для измерения напряжения и тока с множества резисторов. Разрабатываемый модуль позволяет изменять температуру эксплуатации, коэффициент нагрузки и частоту включения-выключения питания платы с резисторами для проведения испытаний.

ПК, в свою очередь, считывает информацию с модуля, обрабатывает ее и анализирует электрические характеристики ЭРИ, чтобы выявить вышедшие из строя компоненты.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что в современной электронике наблюдается быстрый рост технологий, который приводит к изменению электронной компонентной базы, используемой в различных областях. Это в свою очередь делает математические модели безотказности ЭРИ, доступные в научной литературе, недостоверными.

Для повышения достоверности математических моделей был проведен анализ литературы по надежности ЭРИ и РЭС, выбрано защитное покрытие соединительных проводов и произведена разработка структуры программно-аппаратного комплекса.

Таким образом, данная работа имеет практическое значение, поскольку представляет собой разработку стенда для ускоренных испытаний, который может быть использован для улучшения надежности ЭРИ в РЭС.

Список используемых источников:

1. Кулибаба А. Я., Сашов А. А., Суконкин М. К., Штукарев А. Ю. Анализ влияния входного контроля и дополнительных испытаний на надежность электронной компонентной базы // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2020. № 3 (7). С. 87—92.
2. RIAC-HDBK-217Plus. Handbook of 217PlusTM reliability prediction models. USA: RIAC, 2006. 170 p.
3. Защита кабеля // Электронагрев: сайт. 2022. URL: <https://electro-nagrev.ru/catalog/materialy-dlya-nagrevatelnykh-elementov/zashchita-kabelya/> (дата обращения 14.01.2023).
4. Становой А. Схемы защиты от короткого замыкания и перегрузок в блоке питания // Зاپитка: сайт. 2022. URL: <https://zapitka.ru/pitanie/shema-zashchity-ot-korotkogo-zamykaniya-v-bloke-pitaniya> (дата обращения: 11.01.2023).

## **Разработка прототипа системы мониторинга присутствия людей в помещении на базе KasperskyOS**

Филатов Н.И., Волченков А.Д., Цатурьян К.А.

Научный руководитель — Максимов А.Н.

МАИ, Москва

Цель работы состоит в разработке кибериммунной системы контроля наличия людей в помещениях и на промышленных объектах. Система может применяться в жилых помещениях, помещениях промышленных предприятий, аудиториях учебных заведений, шахт. В чрезвычайных ситуациях с помощью такой системы можно получить данные о текущем или последнем местоположении людей, а затем сформировать оперативное оповещение, например, в случае детектирования факта падения или долгой неподвижности человека.

Для достижения поставленной цели спроектирована информационная система, позволяющая при помощи датчиков движения определять присутствие или отсутствие людей в помещении, отслеживать их количество и местонахождение и информировать об этом пользователя-администратора. Отличительной особенностью предлагаемой системы является максимальная достоверность в оценке ситуации за счёт использования нейросетевых алгоритмов и гарантируемая защищенность, обеспечивающая предотвращение возможности компрометации системы и утечки чувствительной информации.

В зависимости от реализации, данные передаются с датчиков по протоколу MQTT, с камер — по протоколу RTSP, а также могут присылаться уведомления в мессенджер Telegram.

Для повышения надежности и точности системы планируется добавить видеокамеру, видеопоток которой будет обрабатывать нейросеть YOLO и находить на снимках людей.

При использовании такой системы в умном доме или на защищенных объектах, остро стоит вопрос обеспечения защиты самой системы от стороннего проникновения. Для решения защищенности используется отечественная кибериммунная операционная система KasperskyOS.

Результаты работы системы планируется внедрить для контроля наличия людей в учебных аудиториях во внеучебное время.

Список используемых источников:

1. YOLOv5 repo and documentation. URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (дата обращения: 28.02.2023).

2. Цатурьян К. А., Тимошенко А. В., Кострицына А. И., «Разработка прототипа системы управления автономным роботом на базе Kaspersky OS» URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49212406&pf=1> (дата обращения: 28.02.2023).

3. Цатурьян К. А., Тимошенко А. В., Кострицына А. И., «Разработка прототипа системы управления автономным роботом на базе Kaspersky OS», github репозиторий с реализацией проекта.

URL: [https://github.com/fanglores/KasperskyOS\\_Robot](https://github.com/fanglores/KasperskyOS_Robot) (дата обращения: 28.02.2023).

## **Разработка установки для контроля выходных параметров фотоэлектрических преобразователей**

Чижик А.П., Лаврова П.А.

Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

В современных реалиях мировая общественность как никогда нуждается в энергоресурсах. На данный момент углеводороды являются главным источником энергии, однако их использование пагубно влияет на экологию. За последнее время популярность набирает альтернативная энергетика, возобновляемая энергия ветра или солнца обещает бесперебойные поставки дешевой электроэнергии. С другой стороны, альтернативные источники энергии имеют ряд недостатков. Высокая цена производства, использование редкоземельных соединений, сложность в утилизации, непостоянность и сравнительно небольшое КПД ограничивает спектр применения альтернативных источников энергии, а в частности солнечных панелей. Исходя из всего вышесказанного, можно заключить что на данный момент альтернативная энергетика нуждается в дальнейших исследованиях, чтобы в будущем она могла составить конкуренцию традиционным источникам энергии.

Коэффициент полезного действия современных кремниевых солнечных панелей в среднем варьируется от 17% до 22%. Это не много, однако, мы считаем, что эту проблему можно частично решить: существует простой и дешевый способ значительного повышения КПД солнечных пластин. Он заключается в нанесении металлического нанопокрытия на горизонтальную поверхность солнечной пластины которое, в свою очередь, вызывает плазмонный резонанс. Предварительные расчеты показали, что КПД пластины с нанопокрытием на 20% превышает показатели КПД пластины без покрытия. Так как технологический процесс нанесения нанопокрытия не достаточно отработан нам необходима установка для контроля выходных параметров напряжения.

Установка представляет из себя ряд галогеновых ламп дневного света под которыми находится исследуемая световая панель. Световой поток на поверхности пластины регулируется расстоянием между пластиной и лампами и измеряется люксметром перед проведением тестирования. Установка может обеспечить исследуемый световой поток от 50 до 30000 люкс с погрешностью 0,1 лк. Поворотное основание позволяет жестко зафиксировать фотоэлектрический преобразователь для изменения угла падения световой волны от 0 до 90 градусов и более точного изучения плазмонного резонанса на поверхности пластины. Также для исключения влияния внешнего светового загрязнения предусмотрен

внешний светонепроницаемый кожух, который в свою очередь исключает систематическую погрешность и увеличивает точность измерений. Съём показаний напряжения осуществляется лабораторным мультиметром с погрешностью измерений до 0,1%.

В дальнейшем планируется провести исследования с разными типами фотоэлектрических преобразователей и фиксации их выходных характеристик до нанесения нанопокртытия и после. В докладе будет рассмотрена структура данной установки, технологический процесс проведения экспериментальных исследований и приведены первые предварительные результаты.

## **Комплекс программ для моделирования в робототехнике**

Юсупов Т.М.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

Производство промышленных и любительских роботов является дорогой и долговременной задачей, однако методы для оптимизации этого процесса не унифицированы и быстро устаревают, к тому же не для всех типов механизмов существуют комплексы и методы для прототипирования систем, что делает разработку долгой и временами нецелесообразной, поэтому в данной работе осуществляется идея переноса процесса разработки в обучаемую и расширяемую цифровую среду.

Данной работой по разработке универсальной виртуальной робо-лаборатории была сделана попытка объединить весь необходимый комплекс функционала для сопровождения разработки роботов, вплоть до заключающего этапа. Виртуальная робо-лаборатория ввиду своего подхода закладывает фундамент для добавления новых функций с минимальными трудозатратами: создание цифрового двойника, оптический анализ окружения в 3D пространстве, настройка и разработка инверсивной кинематики, симуляция физики и нахождения тела в разных средах, а также его передвижения по ним. Таким образом, робо-лаборатория позволяет полностью поместить прототип робота внутрь цифровой среды, не отличимой (для робота) от реальных условий эксплуатации.

Основой для системы выбрано ПО для разработки компьютерных игр Unity, ввиду его уникальных качеств: профессиональная система обработки физики, функционал для множественных камер и пр. позволяют самостоятельно расширять способности системы для подстраивания её под конкретный тип задач, тем самым решая проблему стандартизации и унификации методов разработки роботов.

Список используемых источников:

1. Документация кроссплатформенной среды Unity — URL: <https://docs.unity.com/>
2. Unity Robotics Hub — URL: <https://github.com/Unity-Technologies/Unity-Robotics-Hub>

## Секция №3.4 Системное моделирование, комплексы программ и Web-разработка

---

### Управление трансформацией проектных моделей при разработке программных продуктов

Андреянов Н.С.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Гагарин А.П.

МАИ, Москва

Современные технологии позволяют создавать сложнейшее программное обеспечение (ПО), пригодное для последующего масштабирования и функционального развития. Реализовать такое ПО почти невозможно без надлежащего моделирования с учетом внешних требований, специфики операционной платформы и внутренней логики решаемых задач. Согласно международному стандарту [1] моделирование реализуемого ПО проводится, главным образом, на этапе его проектирования, а в качестве языка моделирования в настоящее время популярностью пользуется язык UML — унифицированный язык моделирования, предлагаемый консорциумом OMG [2].

UML-модель хранит замысел разработчика в легко понимаемой и изменяемой форме, обеспечивает согласование проектных решений, принимаемых участниками проектирования. Модель детализируют до некоторого уровня, начиная с которого реализацию ПО приходится продолжать на языке программирования, хотя и с риском возврата затрат в случае изменения конструкций или механизмов этого ПО.

Существует множество паттернов (шаблонов) и принципов проектирования, направленных на совершенствование модели. К ним относятся: основные шаблоны, связанные с интерфейсами, функциональностью и коммуникацией ПО с внешним миром [3], порождающие и структурные шаблоны, позволяющие ослабить зависимость элементов, поведенческие шаблоны, определяющие взаимосвязь между элементами системы [4].

Но что делать, если пользователь только начинает пользоваться UML моделями, или не хочет заниматься рутинным продумыванием стандартных механизмов, а предпочитает выполнять творческие задачи проектирования, специфичные для данного ПО? Такая ситуация проявляет себя как проблема, которая может быть снята валидатором-проводником, который избавит человека от затруднений, при встрече с которыми люди могут прекратить использование UML или будут прибегать к нему крайне редко. В текущий момент существует немалое количество UML-редакторов, и ни в одном из них такой валидатор не предусмотрен.

В докладе решается задача создания прототипа такого валидатора для стандартизированного редактора UML-моделей «Enterprise Architect». Были выбраны 3 базовых типа диаграмм языка UML: диаграммы прецедентов, классов и системных взаимодействий. Именно с них зачастую начинается моделирование ПО. Также были выбраны базовые паттерны, такие как MVC, которые используются при проектировании почти во всех системах, и GRASP, который позволяет распределить обязанности между классами. Также был разработан механизм прогнозирования, контроля и дополнения системных взаимодействий с использованием нейронной сети “rnnmorph”.

В докладе объяснен принцип работы первой версии прототипа валидатора под названием «Прокруст» и показаны особенности его применения на соответствующих примерах. В дальнейшем планируется довести работу данных механизмов до уровня, позволяющего человеку избавиться от рутинных процессов, связанных с UML-моделированием, что и должен выполнять «Прокруст» в роли валидатора.

Список используемых источников:

1. INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E) Systems and software engineering — Software life cycle processes. First edition 2017-112.

2. OMG Unified Modelling Language (OMG UML). Version 2.5.1. [Электронный ресурс] URL: <https://www.omg.org/spec/UML/>
3. Паттерны для новичков: MVC vs MVP vs MVVM [Электронный ресурс] <https://habr.com/ru/post/215605/>.
4. GRASP [Электронный ресурс] <https://alextoolsblog.blogspot.com/2019/12/grasp.html>

### **Актуальность применения генеративного дизайна в авиастроении**

Басова А.Н., Волчкова А.С.

Научный руководитель — Харитоненков А.И.

МАИ, Москва

В современном авиастроении высокая эффективность и надежность являются ключевыми требованиями к авиационным компонентам и системам. В связи с этим, оптимизация процессов проектирования и производства является одним из важнейших задач, которые стоят перед авиастроительным сообществом. В этой перспективе совершенствование аддитивных технологий породило разработку новых материалов и технологий производства, а также модернизацию методов и инструментов проектирования.

Генеративный дизайн, являясь одной из наиболее перспективных и инновационных технологий, может значительно улучшить эффективность проектирования и производства авиационных компонентов и систем. С помощью применения данной технологии возможно создавать изделия со сложной геометрией для достижения оптимального решения в отношении проектных параметров, требований и ограничений, изменять внутреннюю структуру и оптимизировать форму поверхности детали для уменьшения веса и повышения прочности, а также экономии материалов. Иными словами, генеративный дизайн — процедура, помогающая конструктору широко исследовать пространство всевозможных решений. Он объединяет несколько модулей оптимизации в среде САПР в соответствии с проектными требованиями, ограничениями и ограничивающим пространством. На выходе получается не только наиболее подходящее решение, но и семейство различных результатов, которые проектировщик мог бы правильно выбрать и модифицировать.

Применение генеративного дизайна в авиастроении может привести к существенному улучшению эффективности проектирования и производства, а также к созданию более легких, прочных и экономичных авиационных компонентов и систем. Однако, необходимо продолжать исследования в данной области и разрабатывать новые методы и подходы к применению генеративного дизайна в авиастроении.

Тем не менее, с учетом возможностей генеративного дизайна, можно рассчитывать на значительный прогресс в проектировании и производстве авиационных компонентов и систем. Примерами успешного применения генеративного дизайна в авиастроении могут служить создание оптимальных форм крыльев и компонентов двигателей, а также оптимизация расположения и формы компонентов внутри самолета.

Таким образом, генеративный дизайн является перспективной и инновационной технологией, которая может значительно повысить эффективность проектирования и производства авиационных компонентов и систем. Однако, необходимо продолжать исследования и разрабатывать новые методы и подходы к применению генеративного дизайна в авиастроении, чтобы достичь максимальных результатов в этой области.

Список используемых источников:

1. S. Bagassi, F. Lucchi, F. De Crescenzo, F. Persiani GENERATIVE DESIGN: ADVANCED DESIGN OPTIMIZATION PROCESSES FOR AERONAUTICAL APPLICATIONS // ICAS. — 2016
2. Кондусов Д. В. Методика автоматизированного проектирования изделий машиностроения на основе многократного использования конструкторских знаний: дис. канд. техн. наук: 05.13.12. — Оренбург, 2020. — 223 с.

## **Обеспечение точности обработки сложных контуров на металлорежущих станках с ЧПУ**

Белоусов Н.А., Охрименко Н.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов П.М.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Производство наукоемких изделий, относящихся к авиационной и космической промышленности, отличается не только применением специальных материалов, но и предъявляемыми высокими требованиями к их точности и качеству поверхностей, получаемых на металлорежущих станках. С учетом наличия сложных геометрических примитивов и их составляющих высокие требования к их точности и качеству могут быть достигнуты только при использовании автоматического оборудования, как правило станков с ЧПУ.

Проведенные производственные наблюдения показывают, что, с увеличением контурной скорости, точностные параметры металлорежущих станков с ЧПУ резко ухудшаются, что неизбежно приводит к появлению брака по точности изготавливаемых деталей.

Анализируя процесс обработки заготовок, было установлено, что статическая точность (точность, обеспечиваемая при позиционировании рабочего органа станка), величина которой характеризует класс точности станков, не сохраняет своего значения при повышении контурной скорости, и начинает расти.

Из-за особенностей работы систем управления приводами подач траектория перемещения инструмента не будет не соответствует заданной траектории перемещения. В процессе перемещения инструмент отклоняется от заданной траектории перемещения, тем самым, формируя погрешность и чем выше скорость перемещения, тем сильнее увеличивается эта погрешность, а следовательно, и погрешности обработки контура. Отклонение фактической траектории перемещения от заданной обусловлено динамическими характеристиками каждого привода и работой системы автоматического управления приводами подачи.

Следящие системы автоматического управления приводами подачи работают по принципу компенсации ошибки рассогласования заданного и фактического сигнала. Анализ полученных результатов моделирования разных структур систем управления электромеханическими приводами, показал, что ошибку рассогласования, влияющую на погрешность обработки контура, можно снизить настройкой коэффициентов усиления ПИД-регуляторов, и коэффициента прямой передачи скоростного сигнала в управляющем элементе прямой связи. Однако, данный способ имеет ограничение — не всегда для двух приводов представляется возможным подобрать идентичные коэффициенты усиления, поскольку может быть нарушена динамическая стабильность работы системы автоматического управления.

В МГТУ им. Н. Э. Баумана, на кафедре «Металлорежущие станки», был разработан алгоритм и программное обеспечение, позволяющее для двух приводов обеспечить идентичную ошибку рассогласования в режиме реального времени, то есть обеспечить полностью согласованное перемещение рабочих органов станка по двум координатам.

Анализ процесса обработки и полученных поверхностей изготовленных изделий показал эффективность применения разработанного программного обеспечения и позволил обеспечить точность обработки контура при увеличении контурной скорости. Таким образом, использование предложенного алгоритма согласования перемещения рабочих органов металлорежущего станка с ЧПУ позволяет увеличить производительность оборудования на 20%.

## **Разработка мобильного приложения для повышения скрытности местоположения пользователя социальной сети**

Борщенко Д.А.

Научный руководитель — Рощин А.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время технологии, которые используют геолокационные данные, активно расширяют свою практическую применимость. [1, 2]. Несмотря на то, что раньше применение геолокации ограничивалось некоторыми профессиональными областями, например, авиацией, мореплаванием или военным делом, геолокация все чаще стала применяться в повседневной жизни рядового человека. Опция геолокации предложена практически во всех современных мобильных устройствах, что позволяет широко внедрять использование данных о местоположении в разработку мобильных приложений.

Применение геолокации не ограничивается программами-навигаторами таких компаний, как Google, Navitel и других [3]. Некоторые сервисы социальных сетей позволяют публично поделиться своим местоположением. Одним из таких сервисов является сервис социальной сети Telegram «Люди рядом» [4].

Пользователь данного сервиса, распространяющий данные о своей геопозиции, появляется в списке пользователей, которые физически находятся рядом с ним и аналогично распространяют свою геопозицию. Основная проблема подобного сервиса заключается в том, что эти пользователи могут видеть, насколько далеко вы находитесь от них, причем с определенной точностью.

Очевидно, что такой сервисы, которые отображают пользователей социальной сети на географической карте, имеют потенциальную опасность, так как ими могут пользоваться киберпреступники: знание точной географического положения пользователя может иметь серьезные последствия, например, если человек сталкивается с преследованием в сети, будь то отслеживание или публикация персональных данных в общем доступе и т.д.

В связи с этим возникает вопрос — можно ли подменить данные о местоположении пользователя для того, чтобы обеспечить невозможность однозначного детектирования геопозиции пользователя. Подмена данных о местоположении пользователя социальной сети может помочь предотвратить обнаружение истинного местоположения пользователя, что в свою очередь будет способствовать обеспечению конфиденциальности и безопасности данных.

Данная работа посвящена разработке приложения для операционной системы Android, подменяющего текущие координаты местоположения пользователя на фиктивные, заданные в коде приложения.

Для подмены местоположения в операционной системе Android необходимы:

1. Соответствующее приложение;
2. Разрешение системы;

Разработанное приложение показало свою работоспособность — оно подменяет фактические координаты пользователя смартфона на координаты установленной в пользовательском интерфейсе точки. Пользователь, установивший и воспользовавшийся разработанным приложением, смог изменить свою геопозицию на другую, расположенную на некотором расстоянии от истинного местоположения. Своими действиями пользователь скрыл свою истинную позицию, не потеряв при этом возможности качественного пользования сервисами.

Таким образом, подмена местоположения помогает защититься от киберпреступников, усложняя им отслеживание истинного местоположения пользователя и нацеливание на него злонамеренных атак.

Список используемых источников:

1. Шлемин С.Н. Геолокация в мобильных устройствах // Альманах научных работ молодых ученых университета ИТМО, материалы XLVI научной и учебно-методической конференции университета ИТМО. Том 4. СПб, 2017. с.267-270

2. Парфенов С. Геолокация в современном мире // Сборник трудов конференции «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова». Белгород, 2017. с.4461-4463

3. Греков М.И. Использование геолокации в WEB // Электронный журнал «Молодежный научно-технический вестник», №8, МГТУ им. Н.Э.Баумана. Москва, 2015. ISSN 2307-0609

4. В Telegram добавили функцию для знакомств с людьми поблизости [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/society/14/02/2020/5e46ae3e9a79475f5260b4b7> (Дата обращения: 28.02.2023)

## **Анализ и развитие методов обеспечения информационной безопасности микросервисной системы**

Виноградов И.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

МАИ, Москва

В современном мире наибольшее развитие шаблона разработки занимает микросервисная архитектура. Многие компании выбирают данный подход, благодаря таким преимуществам как быстрота тестирования и развёртывания, простота масштабирования и отказоустойчивости. Микросервисная архитектура также имеет ряд недостатков. Одной из главных слабостей архитектуры является снижение доверия к серверам. Это связано с проблемой аутентификации и авторизации пользователя, поскольку при увеличении количества узлов мониторинг за ними осуществлять всё труднее и, следовательно, увеличивается вероятность подключения мошенников [1]. При этом налаживание системы мониторинга и управления узлами требует значительных ресурсов.

При вводе микросервисной архитектуры в систему компании существует множество проблем безопасности, которые необходимо устранить [2]. Самые главные проблемы связаны с авторизацией и аутентификацией пользователя, поэтому архитекторам безопасности крайне важно знать основные шаблоны безопасности микросервисной архитектуры, их преимущества и недочёты.

Критериями оценки шаблонов архитектуры безопасности были выбраны такие характеристики как: масштабирование — способность системы расширяться при этом не теряя показатели эффективности работы, задержка системы — скорость обработки транзакции, степень зависимости от сторонних компонентов системы и способность шаблона к перенастройке в режиме работы системы.

Данные характеристики имеют важное значение для оптимальной и бесперебойной работы системы, способности к её развитию и облегчённому мониторингу [3].

В ходе работы были рассмотрены несколько шаблонов безопасности. Первым рассматривался децентрализованный шаблон, в котором каждый отдельный сервис имеет свою систему безопасности: этим повышается простота настройки политики безопасности сервиса, однако усложняется взаимодействие всей системы. Следующим исследованным шаблоном является централизованный шаблон с единой точкой принятия решения, в котором правила управления политики безопасности следуют из одной точки. Минусами данного шаблона является повышенная нагрузка на центр распределения правил. Далее был изучен централизованный шаблон со встроенной точкой принятия решений. Различие с единой точкой заключается в том, что хранения заключения о решении происходит внутри сервисов. Плюсами данного подхода является содержание новейших данных о политиках безопасности.

Произведенный анализ шаблонов безопасности микросервисной архитектуры позволил выявить основные преимущества и недочёты каждой из систем. Также были разработаны дополнительные методы, которые позволяют уменьшить или устранить минусы некоторых шаблонов.

Список используемых источников:

1. Yarygina T., Bagge A. H. Overcoming security challenges in microservice architectures //2018 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE). — IEEE, 2018. — С. 11-20.
2. Dias W. K. A. N., Siriwardena P. Microservices security in action. — Simon and Schuster, 2020.
3. Lu D. et al. A secure microservice framework for iot //2017 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE). — IEEE, 2017. — С. 9-18.

## **Анализ подходов к адресации контента в Интернете**

Владимиров А.А., Лысов Г.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Интернет создавался как коммуникационная сеть, а не как сеть распространения медиа. Сегодняшний подход, называемый адресацией на основе местоположения, подразумевает, что пользователи запрашивают контент из централизованных хранилищ на основе местоположения сервера, на котором хранится контент. Такой подход имеет проблемы с долговечностью контента, он способствует централизации и создает риски безопасности, связанные с подменой URL-адресов и DNS-атаками. Но Интернет эволюционировал от общения между хостами к взаимодействию, ориентированному на контент. Описанные проблемы и развитие Интернета привели к альтернативному подходу в разработке новых протоколов и архитектуры Интернета.

Этот подход представляет собой адресацию на основе содержимого, при которой идентификация и получение контента происходит, используя само содержимое или атрибуты самих ресурсов, а не местоположение. Поскольку ресурсы идентифицируются по их содержимому, они могут быть реплицированы и распределены по нескольким сетевым узлам. Адресация на основе содержимого решает проблемы, связанные с IP-адресами, такие как исчерпание адресного пространства, преобразование сетевых адресов и управление IP-адресами.

Адресация на основе содержимого успешно применяется в NDN сетях и протоколе IPFS. NDN использует иерархическую схему именования, которая фокусируется на самих данных, а не на местоположении или адресе. Это устраняет проблемы, связанные с IP-адресами, и обеспечивает подписи пакетов данных, которые являются неотъемлемым свойством самих данных, повышая безопасность. NDN вызвал интерес как со стороны академических кругов, так и со стороны промышленности.

IPFS основана на схеме адресации на основе контента с использованием уникальных идентификаторов контента (CID). IPFS делит содержимое на блоки, позволяя различным частям контента поступать из разных источников и обеспечивая аутентификацию каждого блока. Каждый блок сохраняется только один раз, даже если он является частью разных файлов, что снижает потребление ресурсов, а поскольку данные неизменяемы, их можно легко кэшировать. Распределенный характер IPFS протокола делает его более устойчивым к сбоям.

Адресация, основанная на местоположении, является актуальной проблемой современного Интернета со многими связанными с этим проблемами. Адресация на основе контента зарекомендовала себя при разработке новых архитектур и протоколов, таких как NDN и IPFS. Внедрение адресации на основе контента в будущем может привести к созданию более эффективного и безопасного Интернета.

Список используемых источников:

1. Afanasyev A., Burke J., Refaei T., Wang L., Zhang B., Zhang L. A brief introduction to Named Data Networking // MILCOM 2018-2018 IEEE Military Communications Conference (MILCOM). IEEE. 2018. P. 1-6. DOI: 10.1109/MILCOM.2018.8599682.
2. Trautwein D., Raman A., Tyson G., Castro I., Scott W., Schubotz M., Psaras Y. Design and evaluation of IPFS: a storage layer for the decentralized web // Proceedings of the ACM SIGCOMM 2022 Conference. 2022. P. 739-752. DOI: 739-752. 10.1145/3544216.3544232.

## **Разработка сервиса по доставке дронами медикаментов в удалённые районы России**

Герасимова А.С., Марихов А.И., Кушеров А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Можегова Ю.Н.

КГТА им. Дегтярева, Ковров

Разработка сервиса по доставке лекарств с помощью беспилотных летательных аппаратов (дронов) в отдаленные районы России — актуальный проект, так как вопрос снабжения медикаментами территориально труднодоступных районов страны остаётся не полностью решённым.

Цель: разработать сервис по заказу лекарств с доставкой дроном в удалённые районы страны.

Задачи проекта:

1. Исследовать целевую аудиторию сервиса.
2. Продумать интерфейс веб-версии на основе проведённых исследований.
3. Создать дизайн-макет интерфейса для дальнейшей разработки.
4. Разработать web-сайт для удобного использования.
5. Провести тестирование работоспособности приложения, а также проверили сервис на юзабилити.
6. Создать базу данных для записи заказов и изменения их статуса и тд.

Разработка сервиса представляет собой создание интерфейса, который позволяет пользователям легко выбирать нужные им лекарства, вводить информацию о своем адресе, оплачивать свой заказ, отслеживать его выполнение и получать уведомления об успешной доставке по смс, а также PUSH-уведомлениями.

Средой разработки сайта сервиса является: html, javascript, ssc.

Среда разработки базы данных: 1С.Предприятие

Созданием такого сервиса мы повлияем, на некоторые проблемы с доступностью лекарств:

1. Доступность лекарственных средств в отдаленных районах России.
2. Высокая стоимость доставки.
3. Невысокая по безопасности и безотказности система доставки лекарств в отдаленные районы России.
4. Косвенная проблема: воздействие на окружающую среду за счет большого расхода топлива, связанного с традиционными способами доставки.

Дальнейшее развитие и масштабирование проекта состоит в улучшении сервиса обслуживания. А именно: обеспечение возможности выбирать оплату при получении наличными и картой, а не только на сайте. Упрощение системы взаимодействия с клиентами для большей доступности, в том числе для пожилых людей, составляющих 25% всего населения страны, у которых могут возникать трудности в использовании техники.

## **Разработка рабочего места инструктора для мобильного пилотажного стенда**

Денисов А.А., Кондрашов Ю.В., Лунева Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

Для получения навыков пилотирования и реагирования в штатных и критических ситуациях лётный состав изначально проходит обучение в компьютерных классах, где знакомится с устройством самолёта. После этого на тренажёрах первоначального изучения процедур (или процедурных тренажёрах) получает навык работы с системой самолётостроения, и только потом на устройствах полной имитации полёта. В последнее время в качестве процедурных тренажёров часто используют малогабаритные пилотажные стенды из-за их малых размеров [1]. Одной из неотъемлемых частей таких тренажёров является рабочее место инструктора (РМИ), реализованное с помощью специального ПО.

Создание данного ПО необходимо для выполнения проектоориентированных задач пилотажного стенда, функции РМИ направлены на получение приближенных к реальным условиям практических навыков пилотирования путём усложнения различных процессов, например, изменения погодных условий.

Мобильный пилотажный стенд, для которого ведётся разработка ПО РМИ, включает в себя органы управления, персональный компьютер, кресло пилота, монитор и систему отслеживания поворота головы. В качестве системы визуализации используется общедоступный авиасимулятор FlightGear, в котором используется встроенная или подключаемая извне математическая модель динамики полёта с алгоритмами управления.

В рамках поставленной задачи разработан прототип РМИ, которое соответствует современным требованиям взаимодействия с пилотажным стендом. Архитектурно ПО может быть разделено на две составляющие:

- Программная часть, отвечающая за логику работы приложения;
- Интерфейс пользователя.

ПО РМИ разработано с помощью кроссплатформенного фреймворка Qt. На данном этапе программа подключается к http-серверу авиасимулятора и с ним происходит обмен данными. Это позволяет не только отрабатывать пилотажные навыки, но и отслеживать актуальное состояние системы. Таким образом, инструктор, управляющий РМИ, может контролировать, задавать и изменять вводные данные полёта на авиасимуляторе:

- Вес воздушного судна;
- Погодные условия (направление скорости ветра, интенсивность дождя, яркость солнца и пр.);

- Автозапуск;
- Автозапуск с воздуха;
- Скорость полёта;
- Репозиция ЛА (с возможностью задания широты и долготы);
- Имитация отказов (для отработки поведения в таких ситуациях);
- Заморозка (с помощью этой функции можно приостанавливать процесс полёта, чтобы инструктор мог дать необходимые указания, изменить погодные данные, курс или задание, что предотвращает возможность возникновения опасных ситуаций.).

После ряда тестов была подтверждена работоспособность ПО РМИ.

Список используемых источников:

1. Антонов И.М., Мелюков С.А., Иванов Б.А. Мобильный пилотажный стенд / Сборник тезисов докладов XLVII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2021» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). Москва: Издательство «Перо», 2021. — Мб. [Электронное издание]. ISBN 978-5-00189-126-0.

2. Красовский А. А. Основы теории авиационных тренажеров. М.: Машиностроение, 1995. 30 с.

3. Егер С.М., Матвеев А.М., Шаталов И.А. Основы авиационной техники. М.: Машиностроение, 2003. 720 с.

## **Сравнительный анализ производительности систем аутентификации единого входа с протоколами OpenID и OAuth**

Денисов В.А., Гусев А.Г.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Большинство пользователей сталкиваются с проблемой, когда они забывают свои учетные записи и пароли, так как им приходится помнить множество данных для доступа к различным сервисам. В этой ситуации МАИ является одним из университетов, который предлагает множество веб-сервисов для облегчения общения и обмена информацией в академических целях. Система управления обучением (lms.mai.ru), личный кабинет

студента(my.mai.ru) и почта обучающегося(mail.mai.education) являются основными веб-сервисами, которые предоставляет МАИ.

С ростом числа служб очевидно, что пользователь должен проходить процедуру входа или аутентификации с использованием множества комбинаций имени пользователя и пароля каждый раз, когда он хочет получить доступ к интересующей его системе. Одним из решений для аутентификации является LDAP (Lightweight Directory Access Protocol). LDAP — это протокол для хранения и поиска данных, который работает аналогично реляционной базе данных. Фундаментальное различие между LDAP и базами данных заключается в том, что LDAP организует информацию с помощью древовидной модели, что позволяет ей предоставлять более быстрый сервис запросов, чем реляционные базы данных. Благодаря этой парадигме, LDAP удобно сопоставима с реальной структурой организации. Предполагается, что, используя эту стратегию, пользователи смогут решить проблему множества имен и паролей, а также получить более удобный процесс аутентификации. Эта техника LDAP имеет недостаток в том, что она заставляет пользователя проходить аутентификацию для каждого приложения каждый раз, когда он хочет получить доступ.

Для устранения недостатков метода LDAP была создана система аутентификации, известная как Single Sign On (SSO). Single Sign On (SSO) — технология, которая позволяет пользователям сети или системы получать доступ к сервисам, используя только одну учетную запись пользователя. При использовании системы единого входа (SSO) пользователи могут не запоминать большое количество данных в виде имен пользователей и паролей, что облегчает обработку данных. В действительности, SSO выгодна для регистрации действий пользователей и мониторинга их учетных записей. Решение SSO также снижает риск человеческих ошибок и позволяет избежать утомительную процедуру входа в систему с помощью имени пользователя и пароля при каждом обращении к сервису.

Существует множество протоколов для единого входа (SSO). OAuth2, SAML и OpenID. Они являются часто используемыми протоколами при реализации системы единого входа (SSO). OAuth2 — это открытый протокол, который обеспечивает безопасную авторизацию в онлайн, мобильных и настольных приложениях с помощью стандартных и простых методов. В OAuth2 нет уровня аутентификации. Авторизация определяет широту использования. С разрешения владельца ресурса OAuth2 позволяет серверу использовать ограниченные ресурсы. OAuth2 является усовершенствованной версией OAuth, это протокол аутентификации, предоставляющий интерфейс прикладного программирования (API), который позволяет пользователям получать доступ к ресурсам путем преобразования имен пользователей и паролей в токены. Сторонние программы могут получить доступ к данным встроенных приложений, используя этот интерфейс. Данный протокол основан на использовании HTTP протокола, что делает возможным использование OAuth2 на любой платформе, имеющей доступ к интернету и браузеру.

OpenID — это технология, которая позволяет пользователям аутентифицировать себя без необходимости проходить через центральный сервер. OpenID состоит из трех основных компонентов:

- 1) Идентификатор OpenID, который представляет собой текстовую строку или адрес электронной почты, однозначно идентифицирующий пользователя.

- 2) OpenID Relying Party (RP), который представляет собой веб-приложение или поставщика услуг, требующих подтверждения того, что идентификатор принадлежит конечному пользователю.

- 3) OpenID Provider (OP) — центральный сервер, который выдает, хранит и управляет идентификаторами OpenID пользователей.

Обнаружение, аутентификация, ассоциация и верификация — это четыре основных метода, используемых в протоколе OpenID.

Первым шагом как для ИТ-разработчиков, так и для специалистов в области поддержания безопасности данных является определение того, какие стандарты должны быть приняты для обеспечения безопасности идентификации федерации. Однако провести

различие между OAuth и OpenID не всегда просто; многие ИТ-специалисты и разработчики испытывают трудности. В связи с чем и было проведено данное исследование.

При количестве пользователей от 200 до 1000 пропуская способность Open ID и OAuth практически не отличается. По сравнению с протоколом OpenID, протокол OAuth имеет более стабильное среднее время отклика при обработке запросов пользователей. С другой стороны, Open ID может обработать большее количество запросов в единицу времени. Оба протокола могут отвечать на запросы пользователей своевременно и без ошибок.

Список используемых источников:

1. Т. Базаз и А. Халик, «Обзор технологий и протоколов единой подписи», Международный журнал компьютерных приложений, том 151, № 11, стр. 18-25, 2016 (дата обращения: 21.02.2023).

2. Т. Сурьяна и А. Амарулла. Сравнительный анализ производительности систем аутентификации единого входа с протоколами OpenID и OAuth (дата обращения: 22.02.2023).

3. Стандарт протокола OAuth 2.0 [Электронный ресурс]<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6749> (дата обращения: 27.02.2023).

4. Bruno Krebs. The OpenID Connect Handbook (дата обращения: 14.02.2023).

## **Система управления взаимоотношениями с клиентом (CRM) на базе платформы ППИАС**

Дмитраков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Цырков Г.А.

МАИ, Москва

Чем лучше в бизнесе налажены отношения с клиентами, тем успешнее он становится. Поэтому IT-системы, которые специально решают проблемы ежедневного взаимодействия с клиентами, становятся все более популярными.

Управление взаимоотношениями с клиентами (CRM) — это не просто применение технологий, это стратегия, позволяющая больше узнать о потребностях и поведении клиентов, чтобы развивать с ними более прочные отношения.

Грамотно построенные взаимоотношения с клиентами способствуют созданию лояльности и тем самым помогают удерживать клиентов. Поскольку лояльность клиентов и доход — это качества, влияющие на доход компании, CRM — это стратегия управления, которая приводит к увеличению прибыли для бизнеса.

В промышленном производстве, в том числе авиационном, имеет место длительный цикл продаж, т.е. долгий выход на сделку, длинный путь клиента (долгий путь к покупке) и длинный цикл сделки (продажи), что как минимум приводит к большому количеству, необходимых для подписания, документов. Также у каждой производственной компании существует клиентская база, за которая нужно следить. Все это складывается в сценарий, в котором CRM может оказаться чрезвычайно полезной.

Программная платформа интеграции автоматизированных систем (ППИАС) предназначена для объединения функциональных возможностей, разделенных на подключаемые модули, систем различного назначения. Данная платформа выросла из машиностроения и имеет следующие базовые возможности:

- Управление учетными данными пользователей системы;
- Управление информационными объектами;
- Управлять вызовами функций на стороне сервера.

На базе платформы ППИАС имеются такие программные решения, как Desktop-клиент на Windows Forms с использованием компонентов DevExpress, Web-клиенты систем по управлению контентом и взаимоотношению с клиентами, написанные на React.

Основные же функция системы управления взаимоотношению с клиентами (CRM), это отслеживание клиентов и истории их заказов, выявление возможностей для бизнеса и новых

потенциальных клиентов, оптимизация процесса продаж и сокращение повторяющейся работы, и улучшение поддержки текущих клиентов в промышленном производстве.

Список используемых источников:

1. Райнов Р. Как создать собственную CRM.
2. Золина Е., Попова И. Идеальный сервис. Как получить лояльность Клиентов // Питер. 2020.

## **Разработка программного комплекса преобразования документов проектирования печатных плат САПР P-CAD и обратная разработка форматов схем**

Дубровин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

P-CAD 4.5 — система автоматизированного проектирования электроники, предназначенная для проектирования многослойных печатных плат вычислительных и радиоэлектронных устройств.

В настоящее время существует множество схем печатных плат, созданных с помощью программы P-CAD 4.5. Существующие схемы представлены в двух форматах: в бинарном формате SCH и в текстовом ASCII формате PDIF. Требуется программа, способная преобразовывать PCAD схемы в удобный формат для публикации и просмотра их в интернете, например, в открытый формат векторной графики SVG.

В процессе разработки выяснилось, что схема в текстовом формате PDIF отличается от схемы в бинарном формате, а также отсутствует документация по бинарному формату SCH. Поэтому потребовалось провести обратную разработку формата бинарных файлов SCH и поставляемой в составе P-CAD 4.5 программы преобразования файлов формата SCH в файлы формата PDIF — PDIFOUT.EXE, с целью создания программы для конвертации бинарного формата SCH в формат векторной графики SVG.

В процессе разработки требуемого программного комплекса, мною были разработаны: лексический и синтаксический анализаторы файлов схем в формате PDIF, системы классов для хранения объектной модели PDIF, метод-преобразователь полученной объектной модели PDIF в SVG, интерфейс командной строки для работы с конвертером.

Также был проанализирован бинарный формат SCH, и реализован метод-преобразователь схем печатных плат, представленных в бинарном формате SCH, в формат векторной графики SVG.

Разработанная мною программа способна конвертировать файлы печатных плат, разработанных программным комплексом P-CAD 4.5 и представленных в бинарном формате SCH или текстовом формате PDIF, в формат векторной графики SVG.

Список используемых источников:

1. Документация по формату PDIF [Электронный ресурс]. URL: [https://archive.org/details/bitsavers\\_pcad198600ualOct86\\_6132574/page/n5/mode/2up](https://archive.org/details/bitsavers_pcad198600ualOct86_6132574/page/n5/mode/2up) (дата обращения: 28.02.2023).
2. Ахо А., Сети Р., Ульман Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты/перевод с англ. — 2020 ISBN: 978-5-907114-28-9.
3. Методическое пособие: «Проектирование печатных плат в САПР P-CAD-2002». Санкт-петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики. 2007 г URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/481.pdf> (дата обращения: 28.02.2023).

## **Алгоритмы идентификации и классификации объектов с использованием БПЛА и больших данных в воздушной разведке**

Епонешников А.В., Епонешников А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сабитов Р.А.

КНИТУ-КАИ, Казань

Проблема обнаружения объектов воздушной разведкой заключается в том, что при выполнении задач разведки в воздушном пространстве могут возникать трудности с идентификацией и отслеживанием объектов на земле, на воде или в воздухе. Это достаточно важный вопрос, поскольку точность обнаружения объектов является ключевым фактором эффективности выполнения задач разведки и обеспечения безопасности. Некорректное обнаружение этих объектов может привести к неправильному анализу обстановки и принятию ошибочных решений. Поэтому разработка и применение более эффективных методов обнаружения объектов воздушной разведкой имеет большое значение для обеспечения безопасности и успешного выполнения военных, гражданских и научных задач.

Современные методы обнаружения объектов воздушной разведкой включают использование радиолокации, оптических систем, инфракрасных датчиков, акустических систем, а также различных комбинаций этих методов [1]. Однако у каждого метода есть свои ограничения. Например, радиолокационные системы могут быть ослаблены метеорологическими условиями, оптические системы не могут работать в условиях низкой видимости или при облачной погоде, а инфракрасные датчики ограничены температурными условиями окружающей среды. Поэтому для эффективного обнаружения объектов воздушной разведки часто используется комбинация нескольких методов и технологий [1].

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и больших данных в воздушной разведке может принести несколько существенных преимуществ. Большие данные позволяют анализировать собранную БПЛА информацию об объектах с использованием различных алгоритмов и технологий, таких, например, как искусственный интеллект и машинное обучение. Это увеличивает точность и скорость обнаружения таких объектов, а также позволяет автоматизировать процесс обработки и анализа большого объема данных.

В целом, использование БПЛА и больших данных в воздушной разведке имеет большой потенциал для повышения эффективности и точности обнаружения объектов, что особенно важно в условиях быстро меняющейся обстановки и роста объема данных [2].

Данные с беспилотных летательных аппаратов проходят через несколько этапов:

1. Обработка данных: полученные сырые данные подвергаются обработке, которая может включать в себя очистку, фильтрацию, нормализацию и другие техники обработки данных. Это позволяет получить чистые и точные данные, которые уже могут быть использованы для анализа.

2. Анализ данных: данные анализируются с использованием различных методов, включая методы искусственного интеллекта, машинного обучения, геоинформационных систем и других технологий. Это позволяет выделить интересующие объекты и события, выполнить классификацию, оценку и проводить при необходимости дальнейший анализ данных.

3. Представление данных: полученные данные могут быть представлены в различных форматах, таких как карты, 3D-модели, графики и другие, которые позволяют удобно визуализировать информацию и использовать ее для дальнейшего принятия решений.

Методы предварительной обработки и анализа данных играют важную роль в задаче обнаружения объектов воздушной разведкой. Они помогают очищать данные от шума и нежелательных артефактов, приводить данные к единому формату и стандартам, а также выделять значимые признаки и закономерности для использования в анализе [3].

Одним из методов предварительной обработки данных является очистка данных, которая может включать в себя удаление выбросов, заполнение пропущенных значений,

устранение дубликатов и т.д. Очистка данных может помочь устранить шум и повысить точность анализа.

Нормализация данных — это еще один метод предварительной обработки данных, который позволяет привести данные к единому формату и масштабу, что может упростить сравнение и анализ данных. Например, нормализация может включать в себя приведение значений к диапазону от 0 до 1 или приведение к стандартному распределению.

Машинное обучение и статистический анализ также могут быть использованы для решения задачи обнаружения объектов воздушной разведкой. Например, для классификации объектов и выделения признаков можно применять такие алгоритмы машинного обучения, как нейронные сети или метод опорных векторов (SVM). Статистический анализ также может быть использован для выявления закономерностей и корреляций между различными признаками и объектами.

В целом, результаты проведенного исследования подчеркивают значимость применения современных методов и технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для решения задачи обнаружения объектов воздушной разведкой, а также показывают перспективы дальнейшего развития работ в данной области и возможности разработки и применения новых методов и подходов для повышения эффективности обнаружения объектов.

Список используемых источников:

1. Христенко А.В., Ровкин М.Е. Обнаружение низколетящих малоразмерных целей методом фоновой радиолокации : Диссертация на соискание доктора технических наук — Томск, 2019. — 168 с.

2. А.И. Байбаков, А.А. Зебзеев Состояние и перспективы развития воздушной разведки иностранных государств / А.И. Байбаков, А.А. Зебзеев [Текст] // В иностранных армиях. — С. 132–139.

3. Н.С. Абрамов, Д.А. Макаров, А.А. Талалаев, В.П. Фраленко Современные методы интеллектуальной обработки данных ДЗЗ / Н. С. Абрамов, Д.А. Макаров, А.А. Талалаев, В.П. Фраленко [Текст] // Программные системы: теория и приложения. — 2018 — С. 417–442.

## **Применение технологий нейронных сетей для анализа и классификации сигналов измерительных приборов и сенсоров на борту БПЛА**

Епонешников А.В., Епонешников А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сабитов Р.А.

КНИТУ-КАИ, Казань

В современной авиации, использование БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) становится все более популярным. Благодаря развитию технологий, БПЛА стали надежным и эффективным средством для многих задач. Однако, чтобы БПЛА могли их выполнять, им необходимы сенсоры и приборы, которые могут собирать и обрабатывать данные. Для обработки такого объема данных можно использовать нейронные сети [1].

В данной статье мы рассмотрим технологии нейронных сетей и их применение для обработки данных, получаемых от сенсоров и приборов, установленных на БПЛА. БПЛА используют различные типы сенсоров для получения данных о окружающей среде и состоянии самого летательного аппарата. Основные типы сенсоров, используемые на борту БПЛА, включают:

1. Камеры: используются для получения изображений с высоты, которые могут быть использованы для различных целей, включая сбор информации о территории, обнаружение объектов на земле и следование за объектами [1].

2. Глобальная система позиционирования (GPS): используется для определения местоположения и скорости летательного аппарата. Эти данные могут быть использованы для планирования миссии, управления аппаратом и прочих задач [1].

3. Альтиметр: используется для измерения высоты летательного аппарата над уровнем моря [1].

4. Акселерометр: измеряют ускорение летательного аппарата в различных направлениях [1].

5. Лидар: измеряет расстояния до поверхностей [1].

Собранные данные передаются на обработку через бортовой компьютер, который может использоваться для управления летательным аппаратом, а также для сохранения данных на память или их передачи на землю в режиме реального времени. Обработка данных может включать в себя использование технологий нейронных сетей для анализа и классификации сигналов измерительных приборов и сенсоров на борту БПЛА [2].

На борту БПЛА используются различные методы обработки и анализа данных, такие как фильтрация и корректировка сигналов, спектральный анализ и многое другое. Однако эти методы имеют свои ограничения, такие как невозможность обработки большого объема данных в реальном времени и невозможность распознавания сложных образов. В связи с этим, все чаще используются методы машинного обучения, включая нейронные сети.

Нейронные сети могут использоваться для классификации и анализа данных на борту БПЛА. Они могут обрабатывать большие объемы данных в реальном времени и распознавать сложные образы. Нейронные сети могут быть обучены на конкретной задаче, такой как обнаружение препятствий на маршруте полета. Для обучения нейронной сети необходимо иметь набор данных, который включает в себя примеры того, что должна распознавать сеть. Эти примеры обычно размечены таким образом, чтобы сеть могла понимать, какой класс объектов она должна распознавать.

Однако, как и любой другой метод, нейронные сети также имеют свои ограничения, такие как необходимость большого объема данных для обучения, сложность настройки и интерпретации результатов. Тем не менее, благодаря своей эффективности и возможности обработки больших объемов данных в реальном времени, нейронные сети становятся все более популярным методом анализа и классификации данных на борту БПЛА.

Применение нейронных сетей на борту БПЛА полезно в различных областях, таких как агрокультура, геодезия, мониторинг транспорта, картографирование и обработка геоданных, а также в обнаружении препятствий и автоматическом управлении полетом. Например, в агрокультуре БПЛА с нейронными сетями могут обнаруживать и классифицировать растения на полях, давая фермерам более информированные решения об удобрении, поливе и уборке урожая. В геодезии БПЛА с нейронными сетями могут использоваться для 3D-картирования земли и выявления геологических особенностей. В мониторинге транспорта БПЛА с нейронными сетями могут помочь улучшить безопасность на дорогах и упростить работу правоохранительных органов. Картографирование и обработка геоданных может быть улучшена с помощью БПЛА с нейронными сетями, которые могут автоматически классифицировать объекты на земле. Наконец, БПЛА с лидарами и нейронными сетями могут помочь обнаруживать препятствия в реальном времени и управлять полетом, обрабатывая данные лидара и принимая решения о маршруте полета [3].

Применение нейронных сетей на борту БПЛА может значительно улучшить эффективность сбора и анализа данных в различных областях, таких как агрокультура, геодезия или мониторинг транспорта. Такие БПЛА могут обнаруживать и классифицировать объекты, автоматически идентифицировать номера автомобилей, определять скорость и выявлять нарушения [3].

Список используемых источников:

1. Молодой ученый Международный научный журнал . — 2021. — № 16. — С. 70-100. 2.
2. С.В. Кореванов, В.В. Казин Искусственные нейронные сети в задачах навигации беспилотных летательных аппаратов / с.в. кореванов, В.В. Казин [Текст] // Научный Вестник МГТУ ГА. — Москва;. — С. 47-50.
3. Зоев, И. В., Марков, Н. Г. Интеллектуальная система компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов / И. В. Зоев, Н. Г. Марков [Текст] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — :Инжиниринг георесурсов., 2019. — С. 34-48.

## **Разработка алгоритма системы рекомендаций спортивных площадок на основе многокритериального поиска**

Ермолаев Л.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Спортивные мероприятия и занятия спортом являются неотъемлемой частью современной жизни. При этом выбор подходящей спортивной площадки может быть сложной задачей для пользователей. В связи с этим возникает необходимость в разработке системы рекомендаций спортивных площадок, которая позволит пользователям быстро и удобно находить наиболее подходящие варианты для проведения своих тренировок и занятий спортом. Такая система может также стимулировать развитие спортивных площадок и повышение их качества, так как с помощью многокритериального поиска можно выявить наиболее востребованные услуги и удовлетворить потребности клиентов. Разработка алгоритма системы рекомендаций спортивных площадок на основе многокритериального поиска является актуальной задачей в сфере спорта и может быть полезной для широкого круга пользователей.

Существует несколько типов рекомендательных систем, которые используются для предоставления персонализированных рекомендаций пользователям. Рассмотрим некоторые из них:

Контентно-ориентированный подход в рекомендательных системах основывается на анализе характеристик товаров и интересах пользователей. В контексте проекта по поиску спортивных площадок, можно использовать этот подход для рекомендации пользователю подходящих спортивных площадок, основываясь на анализе их предпочтений и характеристик площадок.

Для этого, в системе можно собрать информацию о спортивных площадках, включая такие характеристики, как виды спорта, которыми можно заниматься на площадке, виды покрытия, размеры площадки, наличие душевых и т.д. Затем система может проанализировать предпочтения пользователя, например, какие виды спорта он любит, какую площадку предпочитает, на каком расстоянии от метро должна находиться площадка и т.д.

На основе этого анализа система может предложить пользователю рекомендации спортивных площадок, которые наиболее соответствуют его предпочтениям. Например, если пользователь предпочитает заниматься футболом, система может порекомендовать ему ближайшие площадки с футбольными полями, а также предложить другие виды спорта, которые также могут ему понравиться, такие как баскетбол или волейбол.

Коллаборативная фильтрация в рекомендательных системах основывается на анализе взаимодействия пользователей с товарами или услугами и нахождении сходств между пользователями. В контексте проекта по поиску спортивных площадок, можно использовать этот подход для рекомендации пользователю площадок, основываясь на предпочтениях других пользователей со схожими с ним интересами.

Для этого, система может анализировать взаимодействие пользователей с площадками, например, какие площадки они часто выбирают, какие они оценивают положительно, какие комментарии оставляют и т.д. Затем система может найти сходства между пользователями, основываясь на их предпочтениях и истории взаимодействия с площадками.

Мы же будем использовать гибридный подход, объединяющий контентно-ориентированный подход и коллаборативную фильтрацию, что позволит получить более точные и релевантные рекомендации для пользователей. Это улучшит качество обслуживания пользователей, повышает удовлетворенность их потребностей и поможет системе привлекать больше пользователей.

Список используемых источников:

1. Марк Лутц. Изучаем Python. — М.: Вильямс 2019г. — 1380 с.
2. Аллен Б. Дауни. Основы Python. — М.: Манн, Иванов и Фербер 2021 г. — 892 с.

3. Головатый Адриан, Каплан-Мосс Джейкоб. Django. Подробное руководство. — М.: Символ-Плюс 2010 г. — 912 с.

4. Ганс-Юрген Шениг. PostgreSQL. Мастерство разработки. — М.: ДМК Пресс 2019 г. — 793 с.

## **Изучение эффективности применения методологии TDD при разработке программного обеспечения**

Есипов А.А.

Научный руководитель — доцент, Цырков Г.А.

МАИ, Москва

В последние годы команды и компании, занимающиеся разработкой программного обеспечения, предпринимали попытки повысить производительность и эффективность добиться большего успеха на конкурентном рынке, применяя надлежащие методы работы с программным обеспечением. Разработка через тестирование (TDD) — одна из таких практик. Обзор литературы показывает, что такая практика может привести к улучшению процесса разработки программного обеспечения. Существующие эмпирические исследования TDD содержат разные выводы о его влиянии на качество и производительность. Хотя традиционные методы структурированы и устойчивы с точки зрения природы, они обладают меньшей гибкостью и совместимостью и включают в себя сложные конструкции и объемную документацию. Разработка через тестирование (TDD) считается ключевой практикой в методологии XP, но может использоваться независимо и отдельно. TDD — это подход, представляющий собой комбинацию разработки с первым тестом (TFD) и рефакторинга. В процессе разработки «сначала тестирование» перед созданием адекватного кода сначала создается тест, а затем выполняется рефакторинг для преобразования нового кода в принятые стандарты. Критический момент заключается в том, что TDD — это не метод тестирования, а процесс разработки, который генерирует более согласованные коды, менее зависимые от традиционного подхода.

С момента появления XP было написано множество статей и книг по практике TDD. В академической или промышленной среде был проведен ряд экспериментальных исследований для изучения влияния TDD на качество программного обеспечения (внутреннее и внешнее), качество тестов и производительность. Однако существует нехватка промышленных экспериментов по отношению к реальным системам. В настоящем исследовании была предпринята попытка кратко изложить результаты сравнительного исследования нескольких случаев разработки программного обеспечения, в которых влияние TDD применялось в промышленной среде. Основной вопрос, который был затронут в этом исследовании, заключался в том, насколько хорошо TDD может повлиять на процесс разработки программного обеспечения с точки зрения качества кода и производительности команды.

Для измерения сложности структуры решений модуля использовалась процедура цикломатической сложности ( $v(G)$ ). Это система, состоящая из ряда линейно независимых путей; это количество линейно нетрадиционных путей и, следовательно, в приложении должно быть проверено минимальное количество путей. Метрика существенной сложности ( $ev((G))$ ) используется для измерения степени неструктурированных конструкций в модуле. Эта система метрик оценивает качество кодов и их структур, используется для прогнозирования усилий по обслуживанию и помогает в процессе модульности. Модуль сложности проектирования ( $iv(G)$ ) используется для измерения сложности модуля с уменьшенным дизайном, отражая сложность вызова шаблонов в его непосредственно подчиненных частях. Эта метрическая система различает модули, что приводит к серьезным осложнениям при разработке любой программы, они являются частью любых модулей, которые просто содержат сложную вычислительную логику, это основа, на которой обсуждаются сложности интеграции ( $S0$  и  $S1$ ) и разработка программы. Оценка

эффективности подходов TDD и Non-TDD была выявлена на основе реализации двух проектов командами, каждая из которых использовала один из подходов.

В результате сравнения были получены следующие результаты:

В кейсе А связанности классов с применением TDD составила 21.93%, без TDD — 56.67%. В кейсе В связанности классов с применением TDD составила 22%, без TDD — 61.11%. Дефекты после релиза в кейсе А с TDD — 11, без TDD — 23. Дефекты после релиза в кейсе В с TDD — 10, без TDD — 27.

Показатели в кейсе А с TDD:  $ev(G)$  — 1.08,  $iv(G)$  — 1.18,  $v(G)$  — 1.24.

Показатели в кейсе А без TDD:  $ev(G)$  — 4.45,  $iv(G)$  — 6.39,  $v(G)$  — 6.40.

Показатели в кейсе В с TDD:  $ev(G)$  — 1.48,  $iv(G)$  — 1.58,  $v(G)$  — 2.0.

Показатели в кейсе В без TDD:  $ev(G)$  — 5.1,  $iv(G)$  — 7.45,  $v(G)$  — 7.45.

Сравнение показало эмпирические результаты относительно важности и эффективности TDD. Чаще всего командам разработчиков рекомендуется использовать TDD, эта практика может привести к получению программного кода более высокого качества. Этот факт подтверждают и результаты сравнения. Также было обнаружено, что тестовые наборы, написанные для задачи TDD, имеют более высокую способность обнаружения дефектов, чем тестовые наборы, написанные для инкрементной задачи разработки без TDD. Кроме того, обнаружение ошибок и их исправление стало проще. Полученные результаты показали, что разработчики TDD разрабатывают программный код с более высоким качеством, что приводит к повышению производительности команды, чем разработчики без TDD.

### **Оптимизация порядка следования гиперпараметров системы методом муравьиных колоний для оптимизации расчетов на вычислительном кластере**

Иванова П.М.

Научный руководитель — к.т.н. Титов Ю.П.

МАИ, Москва

В настоящее время развитие вычислительной техники позволяет повысить вычислительную сложность задач, при этом время, затрачиваемое на их решение компенсируется мощностью вычислительной машины. Это позволяет повысить точность вычислений и перенести процесс расчетов с инженера на вычислительные кластеры.

Как правило подбор оптимального набора входных параметров для вычислений проводит человек, что существенно замедляет процесс вычислений. Предложенный алгоритм позволяет автоматизировать и оптимизировать данную задачу, что позволит ускорить процесс вычислений. Пользователю необходимо только указать все наборы входных параметров и необходимую точность.

Реализуемый алгоритм предназначен для выбора оптимального набора значений входных параметров, за минимальное количество итераций и времени, при котором целевая функция выдает оптимальные значения без сходимости к единственному варианту решения. В процессе его выполнения происходит переупорядочивание гиперпараметров перед их отправкой на вычислительный кластер, что позволяет упростить анализа результатов вычислений кластера на различных входных данных, при этом пользователь имеет возможность остановить процесс вычислений при нахождении оптимального решения.

Разрабатываемое ПО является самостоятельным приложением, функционирующим под управлением операционной системы Windows. Оно состоит из клиентской части, представленной web-интерфейсом и серверной части, отвечающей за перебор наборов параметров и отправки этих наборов на вычислительный кластер для определения значения целевой функции.

Пользователь вводит данные с помощью клавиатуры или файла. Для решения задачи переупорядочивания используется модернизированный метод муравьиных, который работает на специальной структуре, описывающей исходные данные.

Для работы модифицированного метода муравьиных колоний на каждое значение параметров назначается феромон, значение которого зависит от результатов вычисления целевой функции на вычислительном кластере.

Для начала работы создается группа агентов. Каждый агент находит набор значений параметров и проверяет их наличие в хэше, если такого набора нет, то он отправляется на вычислительный кластер, для получения результатов вычислений и заносится в хэш, если найденный набор значений уже присутствует в хэше, то агент ищет новый, отсутствующий в хэше набор значений параметров путем последовательного перебора значений каждого параметра. После того, как все созданные агенты нашли пути осуществляется пересчет феромонов: добавление и испарение.

По результату работы программы, пользователь получает выходной файл в котором записаны наборы параметров, дающие наилучший результат решения задачи максимума / минимума на вычислительном кластере.

Список используемых источников:

1. Dorigo, M., Stutzle, T.: *Ant Colony Optimization* // MIT Press, p. 321, 2004
2. Синицын И.Н., Титов Ю.П. Оптимизация порядка следования гиперпараметров вычислительного кластера методом муравьиных колоний. // Системы высокой доступности. — 2022. — Т. 18. — № 3. — С. 23-37. — DOI 10.18127/j20729472-202203-02.

## **Организация корпоративной почтовой системы с использованием СМ-систем**

Карпухина А.В., Магомедов М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Цырклов Г.А.

МАИ, Москва

Всё чаще в организации сетевой инфраструктуры используют см-системы (Configuration Manager), а именно системы управления конфигурацией, для удобного отслеживания аппаратного, программного обеспечения, версии программного обеспечения и обновлений, установленных в компьютерных системах организации. Использование системы управления конфигурацией также включает в себя регистрацию сетевых адресов, принадлежащих используемым аппаратным устройствам.

В настоящее время реализация корпоративной почтовой системы при использовании см-систем набирает популярность ввиду удобства администрирования такой системы за счет автоматизации настройки и развертывания программного обеспечения.

Цель работы заключается в демонстрации удобства использования систем управления конфигурацией при организации инфраструктуры предприятия, так как при использовании таких систем автоматизируются рутинные действия администратора по настройке конфигураций серверов. Также, если учесть высокий рост мощностей инфраструктуры предприятия, например, крупной государственной организации, то, при масштабировании её почтовой системы, администрирование с помощью см-систем будет особенно актуальным.

В данной работе:

1. Были исследованы виды см-систем.
2. Рассмотрены факторы, которые стоит учесть при организации корпоративной почтовой системы
3. Приведены ключевые преимущества использования см-систем при организации сетевой инфраструктуры.
4. Рассмотрены примеры развертывания системы Ansible.

Данное решение организации корпоративной почты с использованием см-системы намного упрощает и ускоряет работу администратора при настройке удаленных машин, а также уменьшает риск за счёт снижения влияния человеческого фактора.

Список используемых источников:

1. Ральф Гильдебрандт Патрик Кеттер. Postfix. Подробное руководство 512 страниц; 2019 г.
2. Прончев Г.Б. Компьютерные коммуникации. Сервис электронной почты 2009. 122 с.
3. Джеймс Фриман и Джесс Китинг. Полное руководство Ansible, 2019, 4 изд.

## **Разработка кроссплатформенного web-приложения для определения психологического типа личности студентов с помощью библиотеки ReactJS и нейронной сети ChatGPT**

Карташов Д.М., Ковязина Д.Н.

Научный руководитель — Новиков А.Ю.

МАИ, Москва

На сегодняшний день веб-ресурсы стали неотъемлемой частью нашей жизни. Мы используем их для просмотра новостей, прогнозов погоды и для поиска интересующей информации. Это же касается и абитуриентов, только что сдавших Единый Государственный Экзамен и стремящихся выбрать направление сферы деятельности, в котором они будут успешными в будущем.

Практически каждый институт имеет собственный веб-сайт, на котором содержится вся необходимая информация для поступающих. Однако далеко не все абитуриенты действительно знают, с чем они хотят связать свою жизнь. Отсюда возникает резонный вопрос — как с точностью определить, на какое направление следует поступать определенному человеку? Было принято решение создать кроссплатформенное приложение, которое может определить психологический тип личности абитуриента и на основе результата понять, в какой области могут быть раскрыты способности этого человека.

Но какой именно алгоритм подойдет для точного определения психотипа человека? Для того чтобы ответить на этот вопрос, мы решили воспользоваться одной из самых передовых нейронных сетей — ChatGPT. Это чат-бот с искусственным интеллектом, который может работать в режиме диалога на любом языке. Эта нейронная сеть может использоваться для множества задач, включая определение психотипа личности абитуриента. ChatGPT использует глубокое обучение и обработку естественного языка для анализа ответов и определения типа личности человека.

После определения психотипа пользователю будет предложен список направлений сферы деятельности, в которых он может быть наиболее успешен. Важно отметить, что результаты анализа не являются окончательными и абсолютными, а представляют собой лишь рекомендации, которые могут помочь абитуриенту определиться со своим выбором.

Стоит отметить, что создание приложений, которые используют нейронные сети, требует большого объема работы и ресурсов. Наиболее важным шагом в разработке таких приложений является выбор правильного фреймворка.

В качестве же основного фреймворка для создания интегрируемого веб-приложения была выбрана весьма обширная библиотека ReactJS. Она позволяет создавать обширные приложения с интерактивным UI и UX, используя собственное расширение файлов — JSX, которые сочетают в себе как HTML-развертку, так и JS-скрипты. Для стилизации приложения был выбран фреймворк TailwindCSS.

Список используемых источников:

1. Робин Вирух. The Road to React: Your journey to master plain yet pragmatic React.js. — Independently published: 2018. — 292 с. — ISBN 978-1720043997

2/ Джон Хилл. Maximizing the Potential of ChatGPT — ChatGPT Book: The Ultimate Guide On How to Use Chatbot and Unlock the Superpowers of AI / Джон Хилл. — Chicago, Illinois, 2023. — 151с. — ISBN 979-8372531826

## **Разработка алгоритма извлечения информации из отсканированных планов БТИ**

Качалин В.С.

Научный руководитель — профессор, д.п.н. Чванова М.С.

МАИ, Москва

В современном мире прослеживается тенденция к автоматизации всех процессов. Автоматизации подвергаются производства, сферы услуг, банковская сфера и многие другие отрасли. Не обходит стороной данная тенденция и область недвижимого имущества. Уже

существуют некоторые наработки и исследования в этой сфере [1, 2, 3]. Однако, анализ планов бюро технической инвентаризации (БТИ) до сих пор производится людьми. Учитывая текущую тенденцию, данный процесс необходимо автоматизировать. Это позволит освободить рабочий персонал от части рутинной работы, а также даст возможность построить определенную автоматизированную цепочку бизнес-процессов, в которой одним из звеньев будет анализ планов БТИ. Человеку же останется лишь провести сканирование плана БТИ и запустить автоматизированный процесс.

Чтобы выделить интересующие данные и установить их формат в извлеченном виде (информационная сущность), стоит определить, что представляет собой план БТИ. План БТИ — это графическое схематичное отображение всех помещений с видом сверху в виде чертежа. Информацию содержащуюся в плане БТИ можно разделить на три категории:

1. Общая информация о плане — информация, которая относится ко всему плану в целом (масштаб, дата, вход в помещение (координаты X и Y), исполнитель, проверяющий);
2. Общая информация о комнате — характеристики, которые присутствуют у всех комнат (номер комнаты, площадь комнаты, длина комнаты, ширина комнаты);
3. Информация об элементах комнаты (название, местоположение элемента, законность установки).

Данные категории информации при составлении информационной сущности можно разместить иерархически, то есть можно сделать три вложенные сущности: план БТИ, который содержит в себе комнаты, которые в свою очередь содержат элементы. Такой вид позволяет передавать извлеченную информацию в текстовом формате обмена данными JSON, а также хранить их в реляционной базе данных.

Перед началом работы с планом БТИ необходимо выполнить приведение изображения плана к оттенкам серого, а затем произвести его бинаризацию. Это позволит уменьшить количество лишней информации.

Анализ плана БТИ заключается в обработке каждой комнаты. Для обнаружения комнат выполняется морфологическая операция эрозия, которая позволяет убрать мелкие объекты, такие как числа или пометки. Затем происходит обнаружение контуров, которые представляют собой комнаты. Предполагается, что комнаты не содержат внутри себя контуров, поэтому контура, в которых есть другие контура отбрасываются. Таким образом формируется список комнат.

По отдельности в каждой комнате с помощью технологий OCR выполняется поиск чисел. Далее идет обработка всех чисел. Как правило, если число целое, то это номер комнаты, если дробное, то это либо длина стены, либо площадь комнаты. Отличить два этих числа можно простым способом — размер стены находится на краю комнаты, при этом координаты стен комнат нам известны, а площадь комнаты, очевидно, произведение длин стен, также площадь комнаты отличается тем, что это самое большое дробное число.

После этого происходит обнаружение элементов, это можно производить разными способами: по ключевым точкам (ORB, FAST), с помощью нейронной сети, с помощью каскадных классификаторов, либо с помощью наложения шаблона. После нахождения элемента нужно определить его цвет. Если красный — то элемент установлен незаконно, если черный — то его местонахождение юридически обосновано.

Далее происходит поиск красного числа на плане — это вход в помещение. Также на форматке плана БТИ присутствует другая информация, например, адрес или этаж, которая также обнаруживается. В конце вся полученная информация записывается в информационную сущность.

Данный алгоритм был реализован в виде прототипа на языке программирования Python версии 3.7.3 и протестирован на 50 планах БТИ на стенде со следующими характеристиками: центральный процессор Intel Core i5 8500 с тактовой частотой 3 ГГц, оперативная память DDR4 24 Гб с частотой 1 ГГц. Во всех случаях вся информация была извлечена и ничего потеряно не было. По характеристикам результаты следующие: время выполнения — 2,03 секунды; использование памяти — 6,5 мб; нагрузка на процессор — 7,9%.

Приведенный в данной работе алгоритм позволяет извлекать информацию из отсканированных планов БТИ без участия человека, что делает возможным автоматический анализ планов БТИ.

Список используемых источников:

1. Степанова Л.А., Смирнова И.И. Развитие автоматизированных систем государственного учета объектов недвижимости // Программные продукты и системы. 2011. №3. С. 130-132

2. Толмачева А.М. Проблемы автоматизации процессов управления государственной собственностью // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2020. №2-2. С. 175-178

3. Качалин В.С., Панов Ю.Н., Калугин А.В. Алгоритм извлечения табличной информации из отсканированных документов на примере справки бюро технической инвентаризации о состоянии здания // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 11. С. 46-51

### **Разработка методики освоения кросс-дисциплинарного курса инженерных специальностей для школьников**

Кашкин Г.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В статье приводятся результаты выполнения проекта, охватывающего большое количество компетенций, и рассматривается возможность его применения в педагогических целях.

Определение. Педагогический проект — это организационная форма педагогической деятельности, направленная на освоение укрупнённой дидактической единицы, формирующей готовность к решению социально значимых задач.

Определение. Укрупнённая дидактическая единица (УДЕ) — это целостная, законченная по смыслу информационная часть учебной программы, причём такая, что включает в себя большое количество разнообразной информации. Изучение УДЕ предполагает одновременное изучение взаимосвязанных, но различных объектов, понятий, техник, технологий и компетенций.

Краткое описание проекта. Создание модели игрушечной машины, управляемой встраиваемой системой, предоставляющей локальную сеть WI-FI для управления посредством WEB-интерфейса.

Список развиваемых компетенций. Многопоточное программирование, структуры данных, администрирование Linux, твердотельное 3D-моделирование, HTTP-методы запросов, 3D-печать, лидерские качества, социальное взаимодействие, системы контроля версий, управление проектами.

Стек использованных технологий. Python3, HTML5, CSS3, JavaScript (ECMAScript 5+), Autodesk Inventor, Cura, GitHub.

План и обзор реализуемого проекта.

1. Распределение обязанностей;

1.1. Каждый участник группы выбирает наиболее интересные для себя темы и технологии, с которыми будет иметь дело;

1.2. Лидером команды назначается наиболее компетентный или ответственный участник;

1.3. Лидер создаёт общий репозиторий, в котором будет вестись работа.

2. Реализация задач компетенций;

2.1. Работа с 3D;

2.1.1. Введение в твердотельное 3D-моделирование;

2.1.2. Снятие размеров и моделирование всех деталей, данных изначально. Такие, как: электромоторы, сервоприводы, элементы шасси и прочее;

2.1.3. Выполнение сборки 3D-модели машинки;

- 2.1.4. Моделирование корпуса, устанавливающегося на шасси;
- 2.1.5. Выполнение печати на FDM 3D-принтере.
- 2.2. Конфигурирование встраиваемой системы Raspberry Pi 4 Model B;
  - 2.2.1. Создать образ системы с активированным SSH, установить её;
  - 2.2.2. Активировать раздачу Wi-Fi, поднять FTP-сервер;
  - 2.2.3. На установленной системе запустить простой сервер Flask.
- 2.3. Сборка модели;
  - 2.3.1. Выполнение пайки необходимых частей схемы;
  - 2.3.2. Прототипирование с помощью breadboard и jump wires;
  - 2.3.3. Сборка шасси, установка контроллера, моторов, периферии, корпуса.
- 2.4. Backend;
  - 2.4.1. Написать скрипт на python, запускающий три потока и реализующий структуру данных «кольцевой буфер» для хранения команд управления;
  - 2.4.2. Первый поток читает из очереди команды и отправляет сигналы на оборудование;
  - 2.4.3. Второй поток исполняет код сервера, отдаёт пользователю WEB-интерфейс с текущими кадрами камеры и принимает сигналы управления, переданные выбранным HTTP-методом запросов;
  - 2.4.4. Третий поток непрерывно получает кадры с камеры и сохраняет их.
- 2.5. Frontend;
  - 2.5.1. Сверстать простую страницу с джойстиком и окном вывода изображения с камеры;
  - 2.5.2. Подключить javascript и реализовать асинхронную отправку команд на сервер, а также получение и обработку ответов.

Итог. В результате выполнения проекта, учащиеся, во-первых, повышают свою информационно-технологическую компетентность, это первая дидактическая единица. Причём, каждый участник может исключить те компетенции, которые не представляют для него практической пользы или не являются объектами его интересов. Во-вторых, учащиеся получают опыт эмоционально-ценностных отношений с партнёрами по данному проекту (вторая дидактическая единица).

Объединяя большое количество компетенций в две УДЕ, преподнося обучение в игровой форме, данный проект представляет большую педагогическую ценность и рекомендован к выполнению командам составом от 3х и более человек.

Список используемых источников:

1. Дахин Александр Николаевич, Ярославцева Наталья Васильевна. Проекты в педагогике и педагогика современных проектов // Школьные технологии. 2018. №6. С. 23-31.

## **Нейронная система автоматических ответов на запросы пользователей Web-сервиса**

Ковынев О.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Цырков Г.А.  
МАИ, Москва

При получении запроса пользователя система проводит запрос через следующие этапы обработки:

1. Первичная обработка запроса;
2. Преобразование запроса в тэги;
3. Сопоставление вопросов из раздела FAQ с запросом согласно тегам;
4. Определение наиболее релевантных вопросов из раздела FAQ по сравнению косинусных расстояний с кодированным представлением исходного запроса.

На первом этапе производится первичная обработка запроса, а именно:

1. Удаление знаков препинания, символов;

2. Лингвистическая обработка запроса — удаление союзов и слов, несущих малую смысловую нагрузку, приведение слов к неопределенному виду;

Реализуется при помощи бесплатной библиотеки от Яндекса MyStem.

3. Разбиение запроса на последовательность слов, кодировка последовательности в векторный вид, основанный на предварительно тренированном слое эмбедингов (готовый слой для русского языка, преобразующий слово в векторное представление).

Присвоение запросу тегов осуществляется при помощи нейронной сети. Нейронная сеть, используемая для этих целей, состоит из четырех независимых подсетей, использующих общий слой эмбединга.

Для первичной обработки слов применяется предварительно тренированный слой эмбединга, в котором каждое слово представляется в виде 300-мерного вектора. Данный слой является первым слоем в нейросети.

Затем следуют четыре независимые ветки нейросети, настроенных на определение до четырёх тегов. Ветки имеют идентичную конфигурацию, каждая состоит из двух слоев прямого распространения.

На выходе нейронная сеть возвращает вектор, содержащий до четырёх тегов.

Каждому вопросу из раздела FAQ присваиваются теги в соответствующем разделе страницы редактирования вопроса.

Согласно тегам, присвоенным запросу нейронной сетью, берутся все вопросы и ответы из раздела FAQ, у которых хотя бы один тег соответствует тегу запроса.

Для определения наиболее релевантного вопроса из числа выбранных применяется метод косинусных расстояний. Запрос разбивается на последовательность слов, затем последовательность кодируется в виде вектора с применением того же слоя эмбедингов, примененного в нейросети.

Затем вычисляется косинусное расстояние между полученным вектором запроса с предварительно рассчитанными векторами вопросов из раздела FAQ, и берутся три вопроса и ответа, которых получилось наименьшее косинусное расстояние с исходным запросом.

Обучение сети:

Существуют два сценария доработки функционала:

1. Дообучение;
2. Расширение.

Нейронная сеть осуществляет классификацию запросов пользователей по правилам, которые сеть определяет сама на основе обучающих примеров. При получении новых обучающих примеров нейросеть может улучшить качество присвоения тегов, особенно в спорных случаях. В этом случае речь идет о дообучении.

Архитектура нейросети жестко привязана к количеству тегов (общее число используемых для классификации вопросов тегов, в настоящее время 90). Добавление новых тегов потребует внесения изменений в исходный код и, возможно, изменения архитектуры (конфигурации) сети. В этом случае речь идет о расширении — изменении количества слоев, нейронов и других параметров сети, подбирается эмпирическим путем для достижения наилучших результатов по качеству и производительности.

Дообучение также требует ручного, человеческого контроля. Автоматизация процесса затруднена, т.к. для получения наилучшего результата необходимо следить за тем, чтобы в наборе обучающего материала было бы равномерное распределение примеров для каждого тега, иначе нейросеть может начать «забывать» правила для определения тех тегов, которые встречается в процессе обучения наименее часто.

Первичное обучение проводилось на данных файла, где для каждого вопроса было указано от одного до четырёх тем (тегов).

Список используемых источников:

1. Булгаков В.В., Кулабухов В.С., Новиков В.А. Использование искусственной нейронной сети для решения задач аппроксимации. С. 32-41 / Материалы VI научно-практической конференции памяти О.В. Успенского [Текст]. Сборник докладов. — М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2019. С. 32-41;

2. Жерон О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. Пер. с англ. — СПб.: ООО «Альфа-книга»: 2018. — 688 с.;

3. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2006. — 1104 с.;

4. Omidvar O.M., Elliott D.L. Neural systems for control: Elsevier, 1997.

## **Применение инструментов построения абстрактных синтаксических деревьев в рамках поиска заимствований в учебных работах по программированию**

Козулин Н.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицын С.А.

МАИ, Москва

Проверка усвоения материала сопряжена с большим количеством практических заданий, что ведет к значительным затратам времени на оценивание сданных работ. Для повышения эффективности преподавания программирования на кафедре 319 МАИ разработан и используется комплекс инструментов [1] для автоматизированной работы студентов. Данный комплекс проверяет в работах соответствие стилю написания кода, корректность их выполнения и наличие заимствований в представленных решениях.

На данный момент комплекс ориентирован на проверку работ, относящихся к стандартным учебным задачам, к которым можно отнести задачи с единообразным выводом-выводом, нацеленные на проверку базовых навыков программирования. В рамках расширения области применения комплекса автоматизированной проверки для применения его на лабораторных и курсовых работах, для адаптации его к смежным дисциплинам через внедрение поддержки других языков программирования, а также для внедрения дополнительных возможностей необходимо улучшить структуру модуля поиска заимствований. Вносимые изменения должны быть направлены на предоставление простого способа модернизации и повышения скорости работы модуля без ухудшения качества сравнения работ.

В качестве необходимых изменений для подготовки комплекса к расширению предлагается применение механизма построения абстрактного синтаксического дерева (АСД). Подход разбора работ на основе АСД позволяет обрабатывать различные элементы программы по отдельности, что сделает структуру модуля поиска заимствований более простой и гибкой. В качестве вариантов, реализующих данный подход, были выбраны следующие библиотеки:

1. Compiler Tree API — встроенный инструмент JDK
2. JavaParser [2]
3. Eclipse JDT API [3]
4. Spoon [4]

Сравнение скорости работы данных библиотек производилось на 973 решениях студентов за один учебный семестр. На основе полученных результатов и анализа предоставляемых библиотеками возможностей была выбрана библиотека JavaParser. Помимо высокой скорости работы JavaParser на итог выбора также повлияли следующие результаты анализа:

1. Compiler Tree API позволяет обрабатывать АСД только вместе с процессом компиляции программы.
2. Библиотека Spoon работает значительно медленнее JavaParser и не предоставляет способ обхода АСД по шаблону «Посетитель».
3. Eclipse JDT API имеет меньшее разнообразие классов-посетителей и менее простой интерфейс взаимодействия по сравнению с JavaParser.

С использованием JavaParser модуль поиска заимствований был модифицирован следующим образом:

- Анализ структуры программы стал производится по паттерну «Посетитель» на основе построенного АСД, что позволяет разделить алгоритм обработки элементов программы по отдельным методам класса-посетителя;

- Процесс формирования представлений программ также был реализован по паттерну «Посетитель» в виде иерархической структуры классов-преобразователей, позволяющей внедрять новые способы формирования представлений на основе существующих классов через переопределение только ряда необходимых методов.

Работа старой и новой версий модуля была проверена на работах студентов. Анализ результатов проверки показал, что внедренные изменения позволили ускорить работу модуля примерно в 2,4 раза, а также подготовить его структуру к изменениям без снижения качества сравнения программ.

Список используемых источников:

1. Данилова, И. И. Применение автоматизированных тестов и инструментов статического анализа в информационной системе проверки программ в рамках обучения программированию / И.И. Данилова, С.А. Полицын // Информатика: проблемы, методология, технологии : Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции, Воронеж, 14–15 февраля 2019 года / Под ред. Д.Н. Борисова. — Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. — С. 921-926.

2. JavaParser [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. — Режим доступа : <https://javaparser.org/>

3. Eclipse JDT [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. — Режим доступа : <https://www.eclipse.org/jdt/>

4. Spoon [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. — Режим доступа : <https://spoon.gforge.inria.fr/index.html>

## **Разработка комплексной модели консоли для системы телеметрии**

Коровиков А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Телеметрия широко используется в авиационной промышленности для различных целей, включая в себя испытания самолетов, техническое обслуживание и оперативный контроль. Одним из основных применений телеметрии в авиационной промышленности является сбор данных во время летных испытаний для оценки характеристик и безопасности самолета. Это может помочь предотвратить отказы оборудования и снизить риск незапланированных технических обслуживания. Системы телеметрии могут предоставлять пилотам и операторам данные в режиме реального времени о характеристиках самолетов, расходе топлива и других критических параметрах, позволяя им принимать обоснованные решения для оптимизации эффективности и безопасности полета. Таким образом, использование телеметрии в авиационной промышленности имеет решающее значение для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации самолетов, улучшения конструкции и характеристики самолетов, а также сокращения затрат на техническое обслуживание.

Прежде чем приступить к производственному процессу, наиболее верным решением будет сначала применить методы компьютерного моделирования. Для этого может пригодиться моделирование с помощью CAD/CAM/CAE-систем, которые в настоящее время успешно применяются во многих областях авиастроения. Это даст возможность более плавного перехода к производственному процессу, включая в себя аспекты материального плана, удобств, эффективности и другие. Модель консоли телеметрии следует тщательно протестировать, чтобы убедиться, что она соответствует определенным требованиям и надежно работает. Компьютерное моделирование дает преимущество при моделировании и тестировании различных условий работы и проверку на то, как консоль будет реагировать на ту или иную ситуацию. Помимо этого, компьютерное моделирование позволяет уменьшить затраты времени на внедрение новых технологий и их реализацию. Немало важной особенностью является необходимость в повышенной точности при производстве

небольших составляющих элементов консоли, которую может предоставить моделирование. Разработка при помощи компьютерного моделирования позволяет облегчить будущую интеграцию аппаратных компонентов. Лучшим решением при разработке комплексной модели будет использование единого набора САПР без разделения модели на отдельные составляющие. Полная модель включает в себя конструкцию, технологические процессы, инженерные расчеты и технико-экономические показатели, что позволяет подготовить полноценную модель консоли, которая сразу будет готова к передаче производству.

Подводя итог, стоит подчеркнуть, что комплексное моделирование изделий очень важный и трудоемкий процесс, который требует определенных знаний и опыта. Возможное решение этих вопросов предоставляет моделирование в единой среде, однако, чтобы максимально использовать его потенциал, требуется не только обширное обучение, но и передовые знания в области проектирования и авиастроения.

Список используемых источников:

1. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е издание, перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 — 336 с.
2. Морозов, А.П. Основы теории ракетной телеметрии: учеб. пособие для вузов 1 под ред. А. П. Мороз; Технологический университет. — Москва: Директ-Медиа, 2022. — 469 с.: ил.

## **Применение больших данных для выявления социальных связей в группах**

Корчагин А.А., Папешкин Н.С., Панкова А.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва

В наше время всё больше и больше элементов инфраструктуры цифровизируются. Помимо этого, с каждым днём всё большее количество людей начинает пользоваться социальными сетями и выкладывать в сеть что-либо. Все эти факторы естественным образом увеличивают количество данных в сетях, что существенно усложняет их анализ.

Проблема анализа данных включает в себя также то, что не всегда сложно провести сам анализ, а скорее выбрать данные для этого анализа из огромного набора «сырых» данных. Всеми этими вопросами занимается отрасль больших данных.

Сейчас уже существует огромное количество методов выборки и анализа данных, на основе которых реализуются различные алгоритмы использования результатов анализа. Например, на основе результатов некоторых проанализированных данных можно находить некие взаимосвязи между элементами, которые в изначальных условиях являлись неявными. Использовать результаты данного поиска можно различными способами: начиная от предугадывания действий объектов анализа, заканчивая таргетированной рекламой в сторону этих объектов.

Целью доклада является исследование методов анализа больших данных для реализации алгоритма нахождения неявных связей между элементами социальных графов. Для достижения цели были сформулированы следующие задачи: дать характеристику предметной области; изучить методы хранения и анализа больших данных; реализовать модель социального графа используя открытые данные существующей социальной сети; разработать алгоритм поиска неявных связей в социальном графе на основе выбранных параметров; применить результаты разработанного алгоритма для выбранных целей.

Таким образом разработан алгоритм поиска и декомпозиции данных в социальных сетях с последующим выявлением неявных связей с применением современных методов анализа больших данных.

## **Метод подготовки управляющих программ для ремонта лопаток ГТД на оборудовании для прямого нанесения металла**

Котляр Д.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ломанов А.Н.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Газотурбинные двигатели используются в различных областях промышленности и техники. В состав ГТД входит 3000 и более лопаток. В процессе эксплуатации лопатки подвергаются влиянию процесса изнашивания, требуют ремонта. Одним из методов ремонта лопаток ГТД является метод ремонта наплавкой [1]. Наиболее сложным ремонтом является восстановление профиля кромки лопатки ГТД.

Современные аддитивные технологии наплавки являются более экономичными и требуют затраты меньшего количества ресурсов на наплавку и дальнейшую обработку изделия [2]. Ремонт лопаток ГТД имеет следующий технологический цикл: 1) фрезеровку участка лопатки с дефектом; 2) определение контура наплавки и формирование траектории экструдера; 3) наплавку материала с избытком на оборудовании для прямого нанесения металла; 4) восстановление формы лопатки ГТД. Для определения контура наплавки чаще всего применяются методы ручного сканирования изделия на оборудовании, на котором будет осуществляться наплавка.

Необходимость проведения данной работы обусловлена рядом факторов, наиболее важным из которых является отсутствие методов сканирования сложнопрофильных криволинейных поверхностей лопаток ГТД без использования оригинальной 3D модели лопатки с достаточной для проведения ремонтных работ точностью итогового скана поверхности.

Установка для ремонта лопаток ГТД Optomec Lens 850-R содержит пять степеней свободы, позволяющих производить ремонт изделий вариативной сложности. Изделие для ремонта крепится в оснастку на рабочем столе установки, который позволяет устанавливать лопатку в позицию перпендикулярную экструдеру. Перемещение экструдера осуществляется по порталному принципу.

Использование современных автономных 3D-сканеров для выполнения ремонта лопаток ГТД на установке прямого нанесения металла Optomec Lens 850-R невозможно, поскольку расхождение результатов сканирования ручным способом и автономным составляет до 800% от размера кромки лопатки. Данная погрешность вызвана наличием несоосности и криволинейности осей установки для прямого нанесения металла.

Для решения поставленной проблемы, совмещения достоинств ручного и автоматического сканирования, предложено перенести сканер непосредственно в камеру установки и закрепить его на общем основании с экструдером. Таким образом, сканер и экструдер будут работать в единой системе координат, результаты сканирования будут сразу представлены в системе отсчёта с базисом в центре стола.

Результаты сканирования предложенным способом были сопоставлены с результатами ручного сканирования нескольких лопаток ГТД. Отклонение от края кромки на величину менее 0.1 мм происходит с вероятностью 77.1%, отклонение от края кромки на величину не более 0.3 мм с вероятностью 97.7%. Данной точности достаточно для осуществления ремонта лопаток ГТД методом наплавки, т. к. в процессе ремонта материал наплавляется с избытком и затем лопатка обрабатывается на ЧПУ станке.

К достоинствам предложенного подхода относятся:

1) адаптивность алгоритма к механическому состоянию оборудования, на котором осуществляется сканирование и наплавка,

2) скорость подготовки программы наплавки.

Недостатками предложенного подхода являются:

1) необходимость выполнять сканирование и ремонт последовательно и за одну установку,

2) невозможность использовать полученные результаты сканирования для решения других задач, не связанных с наплавкой на оборудовании, на котором были получены 3D сканы.

Список используемых источников:

1. В. А. Леонтьев, С. Д. Зиличихис, Э. В. Кондратюк, и В. Е. Замковой, «Восстановление работоспособности ГТД с применением новых технологий и материалов», Вестник двигателестроения, вып. 4, сс. 99–103, 2006.

2. И. А. Бессуднов и В. Ф. Безъязычный, «Совершенствование технологий ремонта газотурбинных авиационных двигателей с использованием ресурсосберегающих технологий», PhD thesis, РГАТУ имени П. А. Соловьева, Рыбинск, 2014.

## **Разработка и реализация программного обеспечения для автоматического цензурирования аудиофайлов**

Кравцов К.Е.

Научный руководитель — доцент, Романенков А.М.

МАИ, РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва

Никто из нас не совершенен, и иногда люди случайно или специально говорят слова, которые могли бы вызвать негативные эмоции у людей. Кроме того, не редкость, что речь человека, записывается для применения в различных целях, а слов, которые не должны попасть в финальную версию больше, чем хотелось бы. И вне зависимости от длины записи, редакторам приходится цензурировать такие аудиофайлы вручную с помощью цифровых звуковых рабочих станций или подобных программ, что может занять очень внушительное количество времени. Основная идея состоит в автоматизации процесса цензурирования, с использованием технологий распознавания речи. Программа реализуется в виде оконного приложения с пользовательским интерфейсом. Полностью вся программа написана средствами языка программирования python. Для распознавания речи используется библиотека с открытым исходным кодом VOSK. Для разделения аудио на отрезки и редактирования аудио используется библиотека Py Dub. Для создания дизайна и реализация функций, выполняемых при взаимодействиях с элементами интерфейса — Qt Designer и PyQt6. Суть основного алгоритма в том, чтобы, основываясь на данных в какую миллисекунду начинается и заканчивается нежелательное слово разделить аудио на три части: до слова, во время слова и после слова, затем заменить отрезок во время слова на тишину или любой другой звук и «собрать» три отрезка обратно в цельное аудио. Кроме того, применяются технологии шумоподавления для более точного распознавания слов в файлах, не отличающихся идеальной записью.

## **Оценка ресурсоемкости методов извлечения данных веб-ресурсов**

Кузнецов И.И.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

Извлечение данных из различных веб-источников актуально во многих сферах деятельности. Зачастую речь идет о получении информации из большого количества источников для получения статистических выборок, как следствие, для этого применяется автоматизация процесса получения данных [1].

На данный момент используются различные автоматизированные системы извлечения данных из веб-ресурсов, основанные на получении и разборе слабоструктурированных данных. В качестве таких данных, как правило, выступает HTML-код веб-страницы, или данные в формате JSON или XML, полученные с помощью запроса к API веб-ресурса [2]. Существующие технологии получения и разбора данных отличаются по производительности, затрачиваемому времени, и нагрузке на системные ресурсы. Использование HTML-кода является более универсальным способом при обработке большого числа источников. В то же время разбор полученных с помощью API объектов

быстрее и может позволять получить более чистые данные, однако не все источники предоставляют соответствующие API. При разработке новой системы извлечения данных важно учитывать эти факторы, чтобы выбрать эффективный способ для решения конкретной задачи.

Было проведено исследование, направленное на сравнение затрат времени и системных ресурсов на разбор полученных из веб-источников данных тремя методами. Сравнивалась обработка объекта в формате JSON, извлечение данных из HTML с помощью библиотеки Cheerio, и обработка кода HTML с помощью headless-браузера PhantomJS, с последующим извлечением данных с помощью Cheerio. Программы для проведения исследования были написаны на языке JavaScript. Эксперимент проводился на базе виртуальной машины, работу которой обеспечивает VirtualBox, а управление Vagrant. Используемая виртуальная машина была настроена с параметрами: количество CPU — 2, размер RAM — 2 Гб. Для мониторинга системных ресурсов использовалась утилита Atop.

Получены численные результаты, показывающие средние временные затраты и нагрузку на систему при обработке полученных из веб-ресурсов данных тремя способами. Средние показатели времени, затраченного на выполнение цикла со 100 повторами программы разбора данных, составило: 130мс для разбора объекта JSON, 16100мс для разбора HTML с помощью Cheerio и 557400мс для разбора данных с помощью PhantomJS и Cheerio. Полученные данные могут использоваться при разработке системы автоматизированного получения данных из веб-ресурсов, поскольку исследованные факторы могут оказывать решающими критериями при разработке системы для конкретной технической задачи.

Список используемых источников:

1. Diouf, R., Sart, E. N., Sall, O., Birregah, B., Bousso, M., & Mbaye, S. N. Web scraping: state-of-the-art and areas of application. In IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2019. P. 6040-6042. DOI: 10.1109/BigData47090.2019.9005594

2. Khder, Moaiad Ahmad. Web Scraping or Web Crawling: State of Art, Techniques, Approaches and Application. In: International Journal of Advances in Soft Computing & Its Applications. 2021. P. 54-57. DOI: 10.15849/IJASCA.211128.11

## **Разработка прототипа мобильного приложения для построения индивидуального плана вакцинации для детей**

Кузнецова В.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

Всемирная организация здравоохранения определяет вакцинацию как эффективный, безопасный и простой способ защиты общества от тяжелых заболеваний. Для составления индивидуального плана вакцинации родители обращаются за помощью к педиатрам. Они, в свою очередь, руководствуются национальным календарем прививок, который определяет сроки и типы профилактических прививок, проводимых бесплатно и в массовом порядке в соответствии с программой обязательного медицинского страхования. Вакцинация в России проводится в соответствии с определенным графиком и регламентируется Приказом Минздрава РФ № 1122н от 06.12.2021 [1].

Как отмечено в [2], составление индивидуального плана вакцинации показывает свою эффективность. Однако, процесс подготовки индивидуального плана вакцинации занимает большое количество времени педиатра, поэтому целесообразна разработка инструмента, который бы автоматизировал часть этой рутинной работы, освобождая тем самым время и ресурсы медицинских работников.

Авторы [3] и [4] изучали и разрабатывали алгоритмы составления расписания для догоняющей вакцинации. Они разработали алгоритм на основе динамического программирования и приложение для составления расписания. Кроме динамического программирования для составления расписаний применяются эвристические алгоритмы,

целочисленное линейное программирование, программирование в ограничениях и другие методы.

Анализ решений, существующих на сегодняшний день, и изучение предметной области показали, что нет приложения, способного составлять индивидуальный план вакцинации, основанный на национальном календаре прививок РФ, поэтому необходимо разработать свое решение, которое будет соответствовать требованиям предметной области. При разработке приложения необходимо учитывать ограничения пользователей, а именно невозможность установки стороннего программного обеспечения на компьютер врача в поликлинике. В силу этого и ввиду распространенности мобильных телефонов с операционной системой Android, целесообразна разработка мобильного приложения.

В данной работе рассматривается приложение, основанное на эвристическом алгоритме составления расписания, которое позволяет составлять индивидуальный план вакцинации для ребенка за приемлемое время. Входными данными являются наборы правил, составленные исходя из национального календаря прививок и инструкций к вакцинам, производственный календарь РФ, дата рождения ребенка и дни работы прививочного кабинета.

Представлен прототип приложения, содержащий ограниченный перечень вакцин. После ввода даты рождения начинается процесс составления индивидуального плана вакцинации. Результат предоставляется пользователю в двух вариантах: списком и в виде событий в календаре. Для развития прототипа рассматриваются следующие направления: составление индивидуального плана с учетом групп риска, добавление возможности указывать введенные ранее вакцины, расширение перечня вакцин.

Список используемых источников:

1. Приказ министерства здравоохранения от 6 декабря 2021 г. № 1122н
2. Kreuter M. W., Caburnay C. A., Chen J. J., Donlin M. J. Effectiveness of Individually Tailored Calendars in Promoting Childhood Immunization in Urban Public Health Centers // American Journal of Public Health. 2004. Vol. 94. No. 1. P. 122–127.
3. Engineer F. G., Keskinocak P., Pickering L. K. Catch-Up Scheduling for Childhood Vaccination // Operations Research. 2009. Vol. 57. No. 6. P. 1307-1319.
4. Smalley H. K., Keskinocak P., Engineer F. G., Pickering L. K. Universal Tool for Vaccine Scheduling: Applications for Children and Adults // Interfaces. 2011. Vol. 41. No. 5. P. 436-454.

## **Методы проверки аутентичности рукописной подписи на типовых документах**

Магомедов М.А., Карпухина А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В данной работе рассмотрены основные классификационные методы, использующиеся для решения задачи проверки аутентичности рукописной подписи на однотипных документах, приведены их преимущества и недостатки. В качестве типового документа рассмотрено экспертное заключение от руководителя, которое содержит поле с подписью.

Актуальность работы обусловлена большим количеством участников научной конференции, правила которой требуют выгрузки скана экспертного заключения, что делает невозможным проверку аутентичности подписи вручную.

В типовом документе выделяется область, в которой будет находиться подпись. При помощи библиотеки Image в python строится матрица пикселей, каждый из которых имеет числовое значение яркости. Задача сводится к задаче классификации. Выделяется два класса: «оригинал» и «подделка». Признаками, позволяющими отнести подпись к классу «оригинал», являются более яркое начало подписи, неравномерное распределение яркости по пикселям, «участки разрывов». Если яркость пикселей распределена более равномерно, нет особых ощутимых «разрывов» образ относится ко второму классу. В случае цветных сканов можно исследовать распределение цветовой гаммы между пикселями.

В ходе работы были рассмотрены основные методы, позволяющие решать задачи классификации:

- Линейный дискриминантный анализ
- Наивный Байесовский классификатор
- Логистическая регрессия
- Метод опорных векторов

Было выяснено, что метод опорных векторов обладает наибольшими преимуществами перед другими методами, что позволяет давать более точный прогноз классификатора для поставленной задачи.

Список используемых источников:

1. Сойфер В. А. Компьютерная обработка изображений. Ч. 2. Методы 1 и алгоритмы. //Соросовский образовательный журнал. №3. 1996. С. 110 -117.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений; пер. с англ. М.: Мир, 1982. Кн. 2. 480 с.

### **Применение теории пуассоновских процессов для решения прикладных задач в экономике**

Мальшева Е.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Солодов А.А.  
РГУ им. А.Н. Косыгина; МАИ, Москва

Опираясь на общую теорию точечных процессов, процесс формирования доходов коммерческого предприятия может быть сформулирован так. На предприятии имеется поток клиентов, посещающих его случайным образом. Интенсивность потока клиентов характеризуется функцией интенсивности пуассоновского процесса  $\lambda(t)$ , а величина затрат клиентов — случайными величинами  $u(t)$ .

Для описания модели, представили, что наше предприятие — некий магазин, в котором имеется  $M$  продаваемых товаров. Эти товары могут быть пересчитаны с помощью условного индекса  $k$ . Очевидно, что каждому товару должна соответствовать своя цена, которую обозначили через  $u_k$ . Приходя в магазин, клиент приобретает товар стоимостью  $u_k$  с соответствующей ему вероятностью покупки  $p_k$ . Получили формулы для таких статистических характеристик как средний доход предприятия (математическое ожидание стоимости всех покупок) и дисперсии стоимости всех покупок. В соответствии с общей формулой математического ожидания процесса накопления меток получили формулу математического ожидания стоимости всех покупок.

Так же получена дисперсия стоимости всех покупок в соответствии с общей формулой дисперсии процесса накопления меток.

В формуле дисперсии стоимости всех покупок стоит начальный момент второго порядка случайной величины  $u$  с индексом  $k$ .

Полученное распределение может быть приближенно получено на основании статистической обработки результатов наблюдения на конкретном предприятии, однако для теоретических исследований и предварительных оценок были применены другие решения.

Список используемых источников:

1. Donald L. Snyder, Michael I. Miller. Random Point Processes in Time and Space. Second Edition Springer-Verlag New York Inc; 1991:488 с.
2. Солодов А.А. Экономико-математические стохастические модели: Учебное пособие — М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. — 79 с.

## **Исследование и разработка методов автоматического выделения ключевых слов из научных текстов**

Мироненко А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Ключевые слова являются важным инструментом при поиске информации в научных текстах. Они позволяют кратко и точно описать тематику статьи и помогают ориентироваться в больших объемах текстов. Но выделение ключевых слов вручную может быть трудоемким и не всегда эффективным, поэтому существует несколько автоматических методов для их выделения.

Один из таких методов — TextRank — основан на алгоритме PageRank, разработанным в Google для ранжирования веб-страниц. TextRank работает путем вычисления взвешенных связей между словами и выделяет наиболее важные слова в тексте. Другие методы, такие как RAKE и YAKE!, используют более простые алгоритмы, основанные на частотности слов в тексте и выделении ключевых фраз.

В ходе анализа предметной области были протестированы три вышеуказанных метода для выделения ключевых слов — TextRank, RAKE и YAKE!, и проведено сравнение их эффективности. Результаты показали, что TextRank выделил большее количество ключевых слов, чем RAKE и YAKE!. Однако, все три метода не дали удовлетворительных результатов.

Для улучшения процесса выделения ключевых слов была создана программа на языке Python, которая комбинирует прямой (наивный) метод, основанный на ключевых словах из системы ConfLab и модуль TextRank. Прямой метод позволяет выявлять ключевые слова, которые встречаются в исходной БД более одного раза и позволит ключевым словам быть более стандартизированными. А TextRank предназначен для предсказания ключевых слов, которые еще не были использованы в системе.

В результате проведенной работы была предложена программа для выделения ключевых слов в научных текстах, которая сочетает в себе преимущества нескольких методов и, если она будет внедрена, позволит получать более стандартизированные и точные подсказки для заполнения ключевых слов при подаче тезисов в системе ConfLab.

Список используемых источников:

1. Документация по языку Python [Электронный ресурс]. URL: <https://www.python.org/doc/> (дата обращения: 23.02.2023).
2. Документация к модулю Python, который реализует TextRank [Электронный ресурс]. URL: <https://pypi.org/project/pytextrank/> (дата обращения: 23.02.2023).
3. Новиков А., Кейно П., Хорошко Л. Разработка архитектуры интернет-сервиса организации научных мероприятий с автоматизацией документооборота. — Litres, 2022.

## **Пуассоновская модель процесса появления дефектов ткани и задача оптимального контроля качества оборудования**

Миронова Н.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Солодов А.А.

РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва

При работе производственного оборудования, изготовляемого текстильные материалы, не исключены ситуации нарушения каких-либо процессов. Результатом подобных нарушений могут быть пороки на изготавливаемых тканях и на обрабатываемых материалах. И далее такие пороки могут быть обнаружены на операциях контроля или же, что хуже, пойти на продажу.

Последовательность появления дефектов на полотне является случайным точечным процессом. Это означает, что такой процесс представляет собой появления ограниченных во времени и пространстве случайных событий.

Важным для работы является определение пуассоновского процесса, как одного из точечных процессов. Для описания процессов возникновения пороков в тканях следует

привлечь пуассоновскую модель. В рамках этой модели предполагается, что дефекты или же точки на поверхности текстильного материала появляются случайным образом. И число этих дефектов на полотне фиксированной длины подчиняется закону распределения Пуассона с постоянным, известным и положительным параметром  $\lambda$ . Этот параметр представляет собой среднее число пороков в куске ткани.

Представленная модель возникновения дефектов в текстиле указывает вероятность того, что в куске ткани определенного размера появится ровно  $n$  пороков.

Типичной задачей, связанной с распознаванием пуассоновских процессов, является задача обнаружения полезного пуассоновского сигнала на фоне пуассоновской помехи с применением небайесовского критерия Неймана-Пирсона. Исчерпывающими характеристиками этого критерия являются вероятностей ложной тревоги ( $P_{лт}$ ) и вероятность правильного обнаружения ( $P_{по}$ ). Вероятность обнаружить сигнал при условии его отсутствия имеет смысл принять естественные дефекты с интенсивностью  $\lambda p$  за сбой оборудования. Вероятность обнаружить сигнал при его наличии означает не пропустить сбой оборудования при их наличии.

Полученные соотношения позволили произвести численный анализ качества функционирования оборудования изготовления текстиля в зависимости от его технических характеристик.

Список используемых источников:

1. Киселев Э.В., Ильина М.Е. Квалиметрические методы оценки качества: конспект лекций [Электронный ресурс] / Киселев Э.В. — Рыбинск: РГАТУ, 2015. — 52 с. — Режим доступа: [https://www.rsatu.ru/upload/medialibrary/e4a/Kvalimetricheskie-metody-otsenki-kachestva\\_Konspekt-lektsiy.pdf](https://www.rsatu.ru/upload/medialibrary/e4a/Kvalimetricheskie-metody-otsenki-kachestva_Konspekt-lektsiy.pdf)
2. Donald L. Snyder, Michael I. Miller. Random Point Processes in Time and Space. Second Edition Springer-Verlag New York Inc; 1991. — 488с.
3. Солодов А.А. Применение случайных точечных процессов к контролю качества тканей: Методическая разработка — Москва: РГУ им. А.Н. Косыгина, 1998. — 50с.
4. Ван Трис, Г. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции, Нью-Йорк, англ. по ред. проф. В. И. Тихонова. Москва, 1972. — 744с.

## **Комплексный ассистент для студентов и преподавателей МАИ**

Муравьев И.А., Кустиков А.Д., Андреев А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Расписание занятий в институте безусловно является значимым как для студентов, так и для преподавателей. Зачастую просмотр расписания происходит минимум раз в день. В связи с этим возникает потребность иметь расписание занятий в быстром доступе. При стандартном просмотре расписания учебной группы необходимо зайти на сайт МАИ, выбрать свою группу и получить информацию, однако при необходимости просмотреть расписание преподавателя пользователь сталкивается с проблемой: перейти на страницу с расписанием преподавателя возможно только при нажатии на ФИО преподавателя в расписании какой-либо группы.

Перед нами стояли следующие задачи:

1. Определить источник данных с расписанием
  2. Получать данные в удобном для работы формате
  3. Разработать структуру базы данных для хранения полной информации о расписании в институте
  4. Реализовать быструю выгрузку данных в базу
  5. Разработать собственного telegram-бота с возможностью выбора группы или преподавателя для получения расписания на необходимую дату
  6. Создать android-приложение, которое позволит пользователям получать и хранить необходимое расписание на своём устройстве, а также удобно просматривать его
- Для решения этих задач был выбран язык Java версии 19[1].

База данных состоит из 6 таблиц. Таблица `groups` предназначена для хранения в ней полного названия учебной группы, её курс и факультет. Для того, чтобы учесть лекции, на которых присутствует несколько групп было принято решение добавить таблицу `lessongroups`, которая ссылается на `groups` и на `lessons`. Таким образом, таблица `lessons` связана с несколькими группами из `lessongroups`. Таблица `lessons` является основной и содержит в себе информацию о дате, названии, типе и номере (на основании номера вычисляется время начала и окончания) занятия. В дополнительной таблице `lesson_rooms` хранятся все аудитории, в которых проводится данное занятие. Таблица `professors` содержит столбцы для ФИО преподавателя и, поскольку заполнение базы данных будет происходить с официального сайта МАИ, в таблицу также добавлен столбец, содержащий UUID преподавателя. Заполнение базы данных происходит с помощью библиотеки `Hibernate`[2].

Преимуществом telegram-бота[3] является возможность получать информацию об актуальных занятиях на любом устройстве, на которое можно установить приложение telegram или воспользоваться браузером для доступа к веб-клиенту telegram. Доступность, простота и скорость работы telegram-бота позволяет пользователю просто и быстро получить необходимую информацию в условиях уже готового и проверенного дружелюбного пользовательского интерфейса.

Мобильное приложение[4] является чуть менее удобным, так как оно разработано только под ОС Android не ниже 9 версии, что делает невозможным его запуск для некоторых пользователей. Оно позволяет локально хранить расписание и данные клиента (выбранную группу или ФИО преподавателя) в `SharedPreferences`, что позволяет получать сохраненную ранее информацию без доступа в интернет. Временные затраты при таком способе чуть больше в силу меньших вычислительных способностей портативного устройства, а также, как правило, меньшей пропускной способностью сети. Данные задержки нивелируются тем, что по пользовательским данным приложение сразу загружает информацию. Также к преимуществам Android-приложения относится то, что возможно подстраивать интерфейс по пожеланиям клиентов, делая приложение удобнее.

До создания данной программы единственным возможным вариантом получения расписания являлся просмотр на сайте института. Получение расписания группы таким образом занимает в районе 20-30 секунд, преподавателю необходимо дополнительно найти группу, в которой он преподает, что увеличивает время ещё на 20-30 секунд.

При использовании Telegram бота время получения расписания для группы или преподавателя занимает 10-15 секунд.

Таким образом, нам удалось сократить время, которое пользователь затрачивает на получение расписания группы в 2 раза, а для получения расписания преподавателя — в 4.

В результате проделанной работы были получены следующие результаты:

База данных была разработана на основе структуры информации на сайте МАИ, работа с ней производится путем применения библиотеки `Hibernate`. Бот был создан на основе официальной библиотеки `Telegram Bot Java Library`. Приложение реализует связь с БД посредством `JDBC` запросов, а также построено на основе фрагментации и, соответственно, разделения вида получаемой информации по независимым друг от друга объектам.

Список используемых источников:

1. Oracle Help Center // JDK 19 Documentation — Home URL: <https://docs.oracle.com/en/java/javase/19/index.html>
2. Hibernate ORM // Getting started with Hibernate ORM URL: <https://hibernate.org/orm/documentation/getting-started/>
3. Telegram Bot API // Telegram Messenger URL: <https://core.telegram.org/bots/api>
4. Documentation | Android Developers // Google developers URL: <https://developer.android.com/docs>

## **Моделирование и оптимизация работы зоны вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок**

Натяма А.С.

Научный руководитель — Полицына Е.В.

МАИ, Москва

Целью работы является исследование подхода к оперативному контролю теплообменных характеристик форсунок, расположенных в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) машины непрерывного литья заготовок, с применением эффекта рассеивания света.

Общими требованиями к процессу охлаждения металла являются следующие:

- Непрерывное снижение температуры поверхности заготовки для сведения к минимуму напряжений, растягивающие, во внутренних слоях;
- Обеспечения равномерной температуры поверхности заготовки по ее периметру;
- Недопущение снижения температуры поверхности слитка до областей снижения пластичности (в литературе встречаются рекомендации удерживать температуру поверхности выше 900 с).

Основной проблемой является невозможность полного экспериментального исследования теплового состояния заготовки и интенсивности ее охлаждения. В связи с этим, для исследования используют методы оперативного экспресс-анализа площади распыляемой охлаждающей жидкости форсунки. Наиболее широко в настоящее время применяются методы лазерной визуализации, основанные на измерениях интенсивностей рассеивания света при прохождении лазерного луча через тело факела форсунки, находящейся в работе.

При пересечении охладителя с площадью лазерного луча происходит процесс рассеивания. С началом работы форсунки начинает работать камера, которая фиксирует пересечение капель охладителя с лазерной плоскостью. Для улучшения изображений к объективу камеры прикрепляют полосовой светофильтр, благодаря которому имеется возможным пропускать на CCD-датчик только свет с длинами волн лазера. По своей сути, данный светофильтр исключает охладитель, не попавший в пересечение с лазерной плоскостью.

Интенсивность рассеянного света прямо пропорциональна площадям поверхности распыляемых охладителей, при использовании разных форм факела и разных настроек форсунок. Данную площадь имеет смысл рассматривать, как обобщенный параметр диспергированности.

Используя метод лазерной визуализации, можно получить данные об уникальном представлении мгновенного распределения жидкости, а также об ее концентрации, форме и траектории. А быстрая обработка изображений с использованием разработанного программного обеспечения дает возможность быстро проводить анализ, для определения оптимальной установки, что в свою очередь делает данный метод еще более перспективным к применению его на практике.

Рассеивание лазерной плоскости берет во внимание все особенности форсунки, такие как износ сопла, давление жидкости, подаваемое на форсунки, тип охладителя, а также учитывает внешние факторы, влияющие на работоспособность форсунки. В свою очередь, математическая модель не может похвастаться такими свойствами. Лазерная визуализация не только проста в использовании, но также может быть применена не только к жидким каплям, но и к твердым частицам, например, к порошковым охладителям.

Так как на равномерность охлаждения поверхности слитка прямое влияние имеет схема расстановки форсунок в ЗВО, используя методы лазерной визуализации можно получить рекомендации по выбору схемы размещения форсунок в каждой секции. Таким образом, уменьшая дисперсию температуры в результате моделирования, с помощью предложенного метода, можно достичь максимального соблюдения требований к технологическому процессу охлаждения непрерывнолитых заготовок.

Список используемых источников:

1. Рутес, В.С. Теория непрерывной разливке / В.С. Рутес, В.И. Аскольдов, Д.П. Евтеев, В.Я. Генкин, М.Г. Чигринов, А.И. Манохин. — М: Metallurgia, 1971. — 296с.
2. Сладкошteeв, В.Т. Качество стали при непрерывной разливке / В.Т. Сладкошteeв, В.И. Ахтырский, Р.В. Потанин. М: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1963. — 174с. 10
3. Вдовин, К.Н. Непрерывная разливка стали: монография: монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос.тех. ун-та, 2012. — 540с.
4. Евтеев Д.П. Непрерывное литье стали / Д.П. Евтеев, И.Н. Колыбалов. — М: Metallurgia, 1984. — 200с.

## **Разработка Web-сервиса для развития детского творчества и знакомства с основами Web-разработки**

Овчаров И.В., Суханова Д.М., Брилева Е.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Целью данного проекта является возможность развить творческие способности ребенка посредством применения современных информационных технологий. Творчество — это изучение собственных способностей, познание мира и раскрытие внутреннего потенциала.

Проект позволяет ребенку с раннего возраста знакомиться с возможностями web-разработки. В дальнейшем он сможет самостоятельно совершенствовать данный проект, создавая собственные скрипты, тем самым постепенно знакомясь с основами программирования.

В основе данного проекта лежит создание полноценного сервиса при помощи HTML, CSS и языка JavaScript. Web-ресурс состоит из нескольких разделов:

1. Графический редактор, где ребенок сам сможет нарисовать фон, персонажей и окружение, а затем анимировать их, тем самым воплотить в жизнь свои детские фантазии и идеи;
2. Аудиоредактор, где создается музыкальное сопровождение сцены при помощи набора звуков музыкальных инструментов;
3. Текстовый редактор, в котором можно создать сюжет картины;
4. Объединение всех заготовленных материалов для создания полноценной истории.

На данный момент имеется демоверсия проекта, в котором была реализована возможность рисования собственного пути, по которому будут двигаться элементы анимации. С помощью ключевых кадров CSS (keyframes) была реализована анимация загрузки данных (Skeleton Loading). При выполнении данной работы была использована библиотека anime.js, которая позволила создать морфинг фигур и покадровое движение элементов по заданному пути. Также была реализована возможность добавления рисования собственных объектов. Итогом проекта стала разработка инструментария для создания SVG-анимации в среде Web-технологий.

Потенциал данного сервиса заключается в том, что предлагается использовать все современные технологии, которые позволят развить творческие навыки, в том числе навыки работы с Web-технологиями. Проект прокладывает ступень от простого рисования и анимации до полноценного программирования.

Программирование для детей открывает совсем новый уровень творчества, который пригодится в жизни и позволит обрести востребованную профессию.

## **Автоматизированная система обработки и анализа полетной информации для перспективных боевых авиационных комплексов**

Олесьюк Н.С.

Научный руководитель — к.т.н. Гуляев К.А.

ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого», Москва

В рамках разработки современного авиационного боевого комплекса производится большое количество летных испытаний, стендовых и наземных работ в ходе которых возникает необходимость анализа больших объемов данных объективного контроля.

Задача оперативного анализа полученных по результатам работ материалов является актуальной для оценки функционирования режимов боевого применения авиационных средств поражения класса «Воздух-Воздух».

Для решения вышеупомянутых проблем была разработана автоматизированная система, позволяющая в короткие сроки провести быструю обработку данных объективного контроля в части валидности расчета навигационной информации, передаваемой от информационно-управляющей системы на авиационное средство поражения.

Автоматизированная система является программным обеспечением, построенным на платформе WPF. Использование WPF в качестве базовой платформы для разработки приложения дает следующие преимущества:

1. Возможность декларативного определения графического интерфейса с помощью специального языка разметки XAML, основанном на xml и представляющем альтернативу программному созданию графики и элементов управления, а также возможность комбинировать XAML и C#/VB.NET.

2. Использование языков .NET-платформы — C#, VB.NET, F# для создания логики приложения.

3. Масштабируемость под разные экраны с разным разрешением за счет измерения элементов в независимых от устройства единицах.

4. Богатые возможности по созданию различных приложений, за счет большой библиотеке пакетов.

5. Возможность создания приложения под множество ОС семейства Windows.

Благодаря перечисленным преимуществам, автоматизированная система является программным обеспечением, построенным по модульному типу с использованием сторонних пакетов, увеличивающих скорость обработки данных в разы.

Такой принцип построения позволяет организовать программу по схеме «гибкой архитектуры», то есть, при необходимости внесения изменений в связи с изменением в логике, необходимо внести изменения только в конкретный «модуль» или библиотеку, не изменяя при этом структуру основной программы.

Помимо вышеперечисленного, такой подход позволяет:

1. Ускорить работу программы и экономить память компьютера, за счет того, что библиотеки являются независимыми элементами и скомпилированы отдельно от основы программы.

2. Использовать разработанные модули в других приложениях, что позволит сэкономить время разработки.

3. Сделать пользовательский интерфейс более интуитивно-понятным для специалистов за счет использования декларативного определения графического интерфейса.

Исходными данными в автоматизированную систему являются результаты первичной обработки данных в программе «Анализ Полета»(АРМ ТСВ).

Функционирование автоматизированной системы сводится к последовательному выполнению двенадцати основных этапов:

1. Выбор анализируемых параметров и загрузка входных данных в формате Excel

2. Проверка введенных данных

3. Вызов модуля, реализующего загрузку и обработку исходных данных в программу.

4. Вызов метода расчета навигационных параметров, передаваемых в радиокоррекции.
5. Вызов метода расчета навигационных параметров, передаваемых в полетном задании.
6. Вызов метода, в котором будет производиться считывание и обработка навигационных параметров в радиокоррекции.
7. Вызов метода, в котором будет производиться считывание и обработка навигационных параметров, передаваемых в полетном задании.
8. Вызов метода, в котором будет производиться расчет элементов кватерниона.
9. Вызов метода, в котором будет производиться считывание элементов кватерниона из исходного файла и запись результатов в массив.
10. Вызов метода, в котором происходит сопоставления рассчитанных параметров с данными полученными от информационно-управляющей системы и вывод полученных результатов на главный экран.
11. Вызов метода, который записывает полученные результаты в файлы формата xls.
12. Вызов метода, который выводит на экран полученные результаты в графическом виде.

Интерфейс автоматизированной системы представляет собой диалоговое окно с вариативным выбором и полями ввода-вывода текстовой и графической информации.

Автоматизированная система является программой решающая частный случай задачи оперативного анализа данных, полученных в ходе испытаний режимов боевого применения на авиационном комплексе и имеет большой потенциал для расширения функционала.

Представленный в работе проект программы автоматизированной системы и разработанные алгоритмы позволяют оперативно загрузить данные объективного контроля и в кратчайшие сроки получить экспресс-анализ полученных в работе результатов, что в свою очередь позволяет оперативно оценить правильность функционирования алгоритмов боевого применения и при необходимости внести корректировки в версию программного обеспечения информационно-управляющей системы. Это значительно повысит качество и эффективность летных испытаний перспективного авиационного комплекса.

Список используемых источников:

1. А.И. Заковряшин. Алгоритмизация и программирование вычислительных задач. М.: Science Press, 2002. 80 с.
2. Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.С. Захарченко, В.Н. Овчаренко, под ред. Г.С. Бюшгенса. М.: Машиностроение, 2011. 776 с.
3. В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. М.: Наука, 1973. 320 с.
4. Системы управления вооружением истребителей: Основы интеллекта многофункционального самолета / Л.Е. Баханов, А.Н. Давыдов, И.П. Шмыглевский, под ред. Е.А. Федосова, М.: Машиностроение, 2005. 400 с.

## **Разработка приложения для построения эвольвентных профилей зубчатых колёс методом огибания с помощью языков программирования JavaScript и PHP**

Пенкина А.В., Городилова П.О.

Научный руководитель — Новиков А.Ю.

МАИ, Москва

Эвольвентная окружность — это траектория любой точки прямой линии, перекатываемой по окружности без скольжения, а некоторое их количество — частью профиля в зубчатом колесе с эвольвентным зацеплением. Подавляющее большинство зубчатых передач, применяемых в технике, имеет зубчатые колеса, звеня зубчатого механизма, снабженные замкнутой системой зубьев, с эвольвентным профилем. В зубчатой передаче контактирующие элементы двух профилей выполняются по эвольвентам

окружности и образуют, так называемое эвольвентное зацепление, которое обладает рядом полезных свойств, которые и определяют их широкое распространение в современном машиностроении.

В процессе изучения разделов механики, более наглядным способом демонстрации принципа нарезки эвольвентных профилей является визуализация постановки лабораторного эксперимента посредством самостоятельного взаимодействия с объектами в браузере.

Для работы над проектом по визуализации нарезки эвольвентных профилей, который в дальнейшем может использоваться в качестве практического пособия студентами, изучающими механику, были выбраны языки JavaScript, для динамической составляющей приложения элементов интерфейса, и PHP для регистрации. Помимо созданных и спозиционированных с помощью HTML и CSS элементов для проведения эксперимента было принято решение добавить кнопку, при нажатии которой пользователь может ознакомиться с инструкцией выполнения лабораторной работы. Формат веб-страницы является наиболее удобным и выигрышным для обучения ввиду своей кроссплатформенности, так как для выполнения лабораторной работы, а так же для самостоятельной постановки эксперимента, достаточно иметь любое устройство с любым количеством свободной памяти с доступом в интернет на любой операционной системе.

На текущий момент среди аналогов существует единственная версия визуализации нарезки эвольвентных профилей с использованием плагина Flash Player, однако с 2021го года данное программное обеспечение более не поддерживается; запуск программ с его использованием требует скачивание специально адаптированных браузеров. Также существуют физические образцы, представленные для лабораторного эксперимента в формате металлической инструментальной рейки с закрепленным листом бумаги в форме круга, и карандашом для обводки зубьев.

В проекте, разработанном на основе аналога на Flash Player, логика приложения позволяет разобраться за минуту: после установки параметров диска, студент нажимает на стопку с дисками, где создается новый экземпляр, с которым можно работать. Одновременно на установку создается зубчатая рейка, с помощью которой будет осуществляться «нарезка» диска. Далее при нажатии он перемещается на устройство, где и происходит проектирование зубчатого колеса. После, по нажатии на готовый диск, он захватывается пользователем и ставится на полку, откуда можно поставить его снова, чтобы подробнее изучить, или удалить при неудачном эксперименте. Также предусматривается регистрация студентов для сохранения результатов работы, для доступа на любом устройстве, а так же доработки и их удаления.

В дальнейшем есть возможность интеграции данного проекта непосредственно на сайт платформы электронного обучения для проведения лабораторных работ по механике, как дистанционно, так и на очных занятиях в кабинете.

Список используемых источников:

1. Бойкова Л. Построение эвольвентного зацепления // Ульяновск: УлГТУ, 2004
2. Бондаренко П.А., Ганул Е.В. Построение эвольвентных профилей зубьев методом обкатки // ЛГТУ. 2009.
3. Браун Э. Изучаем JavaScript: руководство по созданию современных веб-сайтов, 3-е изд. // Пер. с англ. СПб. ООО «Альфа-книга». 2017.

## **Разработка программного обеспечения для масштабирования медиафайлов на полотне из светодиодных RGB-матриц**

Прокудина А.К., Третьякова М.Ф.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

С течением времени на замену картонным вывескам и растянутым полотнищам с рекламой даже в маленьких городах приходят электронные экраны, или так называемые бегущие строки. В силу того, что их составляющие — светодиодные RGB-матрицы —

намного ярче дисплеев и не имеют таких недостатков, как ответ и завышенная стоимость, выгода от их использования в качестве баннеров, обращенных, например, на улицу, на порядок выше.

Проблемы при использовании RGB-матриц без программного обеспечения, оснащенного интерфейсом, заключаются в следующем:

1. При выводе анимации на виртуальный монитор кадры из отображаемого медиафайла автоматически оптимизируются, обрезая кадр при воспроизведении

2. Отсутствие возможности изображения или анимации непосредственно внутри программы

3. Отсутствие понятного и удобного интерфейса, отвечающего целям пользователя касательно воспроизведения видеоформатов (пауза, сброс, продолжение воспроизведения)

4. Невозможность форматирования (масштабирования, центрирования относительно полотна)

Для решения вышеуказанных проблем предлагается разработать программное обеспечение, позволяющее выводить на полотно (экран) из n светодиодных RGB-матриц через Raspberry Pi изображения, видео (без аудиодорожки) и GIF-анимации [1]. В программное обеспечение входит интерфейс взаимодействия с пользователем и программа вывода форматов на экран.

Целью проекта является создание конечного полезного продукта, обладающего такими свойствами как понятность и универсальность. С его помощью пользователь будет иметь возможность предварительной оценки будущего изображения, анимации или видео ряда на различном количестве матриц, с целью принятия конечного решения о необходимости добавления дополнительных матриц или сокращения их текущего количества.

Основным критерием является необходимость использования подпроцессов, а не командной строки при работе приложения, чтобы исключить необходимость ручного ввода данных. Манипулирование изображением на матрицах обеспечивается одноплатным компьютером Raspberry Pi 4, при помощи «драйвера RGB-матриц для Raspberry Pi» и сигнальных шлейфов, соединяющих матрицы в единую цепь.

Список используемых источников:

1. Светодиодная панель с Raspberry Pi [Амперка / Вики] — URL: <http://wiki.amperka.ru/projects:rgb-led-matrix-raspberry> (дата обращения 25.01.2023).

## **Методы анализа параметров состояния виртуальной сети для разработки нелинейного алгоритма оптимизации нагрузки и динамического масштабирования**

Рахмизянов А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Алещенко А.С.

МАИ, Москва

В настоящий момент подавляющее большинство веб-приложений, основанных на обработке пользовательских запросов и хранении данных, используют в своей архитектуре модули, обеспечивающие соблюдение практик SRE, отвечающих за устойчивость системы в критических для инфраструктуры ситуациях. Данные практики позволяют обеспечить доступ к сервисам в случаях повышенной нагрузки или выходе отдельных модулей сервиса из строя так, что у конечного потребителя не возникнет мысли о нестабильной работе сайта или приложения [1].

Реализация подобной архитектуры во многом обусловлена актуальным состоянием развития модулей балансировки нагрузки, поставляемых как в качестве одной из ключевых программно-определяемых надстроек веб-сервера, так и в качестве модуля с расширенным функционалом, совместимого с некоторыми веб-серверами.

Однако использование подобного модуля при разработке архитектуры отказоустойчивого сервиса тесно сопряжено с вопросами определения принципа

балансировки входящего трафика, алгоритма балансировки, а также методов сбора и обработки параметров сервиса, используемых для оценки его состояния.

Мониторинг параметров системных модулей сервиса наиболее явно раскрывает свои преимущества в системах, использующих методы динамической балансировки нагрузки, в то время как наиболее распространенные алгоритмы сочетают в себе статические и динамические методы [2]. Как правило, сбор метрик корректной работы динамического кластера осуществляется при помощи предопределенного набора утилит `wget` и `curl`. В частности, для оценки работоспособности контейнеризированных модулей, допустима проверка состояния и сбор статистики показателей нагрузки не только через встроенные средства веб-сервера, но и при помощи утилиты `compose` на стадии сборки проекта [3]. В прочих случаях требуемые особенности устойчивости систем динамической балансировки и масштабирования реализуются средствами внедрения в процесс проверок состояния исполняемых пользовательских команд, чаще всего реализующих функционал проверки целостности сборки.

В контексте сформулированной области применения мониторинга целесообразно отметить, что при проверках регулярными запросами, параметры которых определяются исключительно при запуске модуля, нельзя считать запускаемую систему полностью соответствующей принципу адаптивного расхода ресурсов. Кроме того, подобная система при своей работе является квази-автономной, поскольку для анализа актуальных результатов мониторинга требуется присутствия сетевого инженера.

Решением проблемы получения не валидных метрик состояния пула модулей (кластера) в случае внедрения параметров масштабирования и сворачиваемости инфраструктуры, обеспечивающей стабильную и адаптивную с ресурсной точки зрения работы сервиса, в контексте данного проекта следует считать внедрение в систему проверки состояния пользовательской команды, реализующей каскадный сбор метрик, используемых при оценке (индексировании) нагрузки системы с последующим перераспределением количества потоков (набора вычислительных модулей), основанным на алгоритмическом применении методов одномерной оптимизации, в пользу масштабирования, сохранения или сворачивания инфраструктуры. Использование подобной системы организации мониторинга и масштабирования позволит столкнуться с отказом работоспособности отдельных модулей исключительно в случаях ресурсной недостаточности или ограничений, связанных с пропускной способностью виртуализированной сети. Определяющим фактором для выявления состояния системы на основе отдельного модуля следует считать также и индекс объема задач, получаемый по факту проверки состояния контейнера.

В качестве нелинейного алгоритма, предполагаемого к использованию для обработки собранных метрик работоспособности с целью получения индекса оптимального количества модулей обработки запросов, в данном исследовании будет применен такой набор оптимизационных методов исследовательского (методов интервалов) поиска решения, как метод дихотомии, а также метод золотого сечения. Набор из двух методов обусловлен необходимостью верификации контрольного результата. Идея данных методов, реализованных в качестве алгоритма обработки полученных значений, подразумевает получение конечного оптимального значения целевой функции, определяемой в качестве задачи поиска на основании переменных в границах конечного интервала допустимой неопределенности (совокупности ресурсов, имеющихся в распоряжении кластера), получаемых в ходе циклического решения алгоритмического уравнения и перерасчета переменных этого уравнения до момента получения результирующего значения, соответствующего требованиям задачи. Динамически определяемый размер допустимого отклонения (константа различимости) определяет ширину конечного интервала неопределенности, и соответствует полученным значениям на этапе сбора данных.

Список используемых источников:

1. *Circuits, Packets, and Protocols: Entrepreneurs and Computer Communications* / L. P. James, Andrew, L. Russell, G. R. Loring. — New York: Association for Computing Machinery, 2022. — 632 с.

2. A Hybrid Load Balance Method Using Evolutionary Computing / Chi Xin, Yao Jianfeng, Yu Huiming. // AIW'18: Proceedings of the Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence. — New York : Association for Computing Machinery, 2018. — С. 32.

3. Multi-level Container Checkpoint Performance Optimization Strategy in SDDC / Zhang Hanlin, Chen Ningjiang, Tang Yusi, Liang Birui. // ICBDC '19: Proceedings of the 4th International Conference on Big Data and Computing. — New York : Association for Computing Machinery, 2019. — С. 353.

## **Особенности сравнения структурированного звукового потока с точки зрения качественного синтеза**

Родионов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Звуковой поток подобен химической смеси, в которой замешено множество звуковых волн. По факту это сумма волн, порождаемых разными источниками. С точки зрения распознавания содержания слышимого потока звуков мы концентрируем свое внимание на определенном содержании этого потока, которое не обязательно связано с одним источником. Кроме этого существует и шумовой источник, который как правило игнорируется при распознавании. Т.е. исключив влияние одного или нескольких источников порождения волны, мы не потеряем нужное нам содержание. Точно также рассматривая поток, как значение амплитуд, мы можем утверждать, что имеются характерные значения амплитуд, изменение которых может исказить содержание потока, а есть те значения, которые можно изменять в определенных пределах.

В настоящее время при структуризации волн, нами выделяются так называемые характерные точки, изменение которых без синхронного изменения окружающих её других характерных точек приводит к изменению содержания. Промежуточные значения, восстанавливаемые четырьмя различными способами [1], показали независимость содержания от способа восстановления. И более того, определенлся коридор возможных значений, выход за пределы которого приводит к искажению структуры отношений характерных точек, а значит влияет на содержание. Такая картина влияния изменений на содержание относится прежде всего к звуковой информации.

Но, используемые методы структуризации, которые применимы и другим видам волн, могут оказаться более чувствительными к способу восстановления, да и алгоритмы восстановления могут быть другими. То есть, вполне возможно в виду недостаточной точности снятия значений в соответствующей точке отсчета и накопления суммарной ошибки, произойдет «потеря» характерной точки, которую можно определить, как «скрытую» (не фиксируемую) характерную точку.

В связи с этим стоит произвести оценку корреляции восстановленных значений по отношению к исходным значениям и на основе этого сделать прогноз возможного искажения содержания волнового потока [2]. Таким образом, по значению корреляции волнового потока можно определить вероятность потери содержания. А это в свою очередь может определить участки наибольшей устойчивости содержания в пределах допустимого коридора восстанавливаемых значений амплитуд.

Список используемых источников:

1. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — № 4 (31). — С.768-776

2. Вопросы оптимизации восстановления промежуточных значений при синтезе звуковых сигналов Сборник тезисов докладов XLVI Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2020» (Москва, 14-17 апреля 2020 г.). — Москва, 2020. — С. 496 — 497.

## **Метод проведения морфологического анализа несловарных слов в текстах на русском языке в библиотеке JMorfSdk**

Рыкунов А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

В современном мире из-за постоянной генерации огромного количества текстовой информации необходимой задачей становится автоматизация обработки текстов на естественном языке. Для того, чтобы была возможность эффективно использовать инструменты анализа естественного языка требуется как высокая скорость, так и высокая точность их работы [1].

Процесс проведения анализа естественного языка разделён на несколько этапов из-за его сложности. Одним из них является морфологический этап. Во время морфологического этапа обработки текста происходит сопоставление морфологических характеристик и анализируемых слов.

Во всех популярных инструментах морфологического анализа используется словарный подход, который позволяет анализировать текст на естественном языке с большей точностью. Это позволяет избежать некорректного разбора исключений, которые встречаются в естественном языке, поскольку они хранятся в словаре вместе со своими морфологическими характеристиками и всеми словоформами данной леммы.

Естественный язык постоянно изменяется и развивается. Появление новых сфер деятельности людей и развитие существующих способствует появлению новых слов, которые могут встречаться в анализируемых текстах. Постоянно поддерживать используемый для проведения морфологического анализа словарь в актуальном состоянии является трудной задачей. По этой причине во время морфологического анализа текста могут встретиться слова, которых ещё нет в используемом словаре, и поэтому они не могут быть корректно разобраны словарными подходами.

Для возможности проведения морфологического анализа тех слов, которые ещё не были добавлены в используемый инструмент словаря, необходим дополнительный метод проведения морфологического анализа. Для этого подходит бессловарный подход, который позволяет определять морфологические характеристики любого анализируемого слова с известной нам парадигмой словообразования.

Для сбора парадигм словообразования использовался сервис Викисловарь, который предоставляет информацию о морфологических характеристиках и морфемах как самой начальной формы слова, так и всех производных. Знание морфем каждой из словоформ позволяет получить начальную форму и её характеристики для любой из производных форм.

Процесс проведения морфологического анализа представляет собой последовательный поиск анализируемых слов в словаре. При наличии слова есть возможность получить морфологические характеристики, которые ему соответствуют. В обратном случае слово будет считаться несловарным и для определения морфологических характеристик необходимо проведение дополнительного анализа. В таком случае первым этапом является отсечение приставки и поиск получившихся слов в используемом словаре. Если отсечение приставок не дало результат, то происходит анализ несловарного слова по окончанию. В естественном языке часто окончания являются указанием принадлежности слова в определённой части речи. Помимо этого, окончание также указывает на изменяемые морфологические характеристики слова, в результате чего можно определить не только к какой части речи относится несловарное слово, но и его морфологические характеристики [2].

Используемая приставка и в случае с её отсечением, и в случае с анализом слова по окончанию может повлиять на конечный набор морфологических характеристик, который будет присвоен анализируемому слову, поскольку некоторые приставки изменяют морфологические характеристики слов некоторых частей речи.

В результате реализации предложенного алгоритма появится возможность проводить морфологический анализ несловарных слов, что повысит точность обработки текста.

Список используемых источников:

1. Politsyna E., Politsyn S., Porechny A. Solving practical tasks of computer linguistics using the created text processing framework [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 24.02.2023 — Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012129/pdf>

2. Морфемика и словообразование русского языка: учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование профиль «Начальное образование» / сост. Хертек Л. К. — Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2018. — 131 с.

## **Разработка программной модели стеганографического преобразования информации**

Савосина А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

Извечной проблемой, которую люди стараются решить веками, является защита информации. Особенно эта проблема выражена в наш век, когда информация и связи стали самым ценным ресурсом на мировой арене. Для её защиты и хранения люди придумали две науки: криптография и стеганография. Цель криптографии — сокрытие содержимого сообщения за счет шифрования. Однако зашифрованное сообщение привлекает внимание, поэтому все больше людей используют стеганографию — сокрытие самого факта передачи. Информация, которой кто-то хочется поделиться, скрывается в безобидном объекте, служащим контейнером. Таким образом, можно увидеть текст, спрятанный в картинке или звуке. Тем не менее, преобразование аудио информации в видео и наоборот дело не простое, так как приходится учитывать множество тонкостей при работе с ними. Поэтому я поставила себе цель создать программу, маскирующую звуковую информацию в зрительную и наоборот.

Задачи проекта:

- 1) Изучить структуру аудио и графических форматов, а также их внутреннее строение.
  - 2) Ознакомиться с различными представлениями стеганографии и ее реализации в цифровом формате.
  - 3) Узнать и опробовать на практике различные способы преобразования аудио информации в графическую.
  - 4) Оценить эффективность и скорость выполнения данной программной модели.
- В ходе работы над проектом были выполнены следующие технологические операции:
- 1) Изучение программ-аналогов;
  - 2) Знакомство с нужными для работы библиотеками;
  - 3) Написание кода и анализ его эффективности;
  - 4) Доработка программы.

Результаты:

Итогом работы над проектом стало создание простой программы, преобразующей графическую информацию в звуковую и наоборот.

## **Методы интеллектуальной обработки и идентификации документов**

Селезнев Д.А., Корчагин А.А., Папешкин Н.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

РГУ им. А.Н. Косыгина; МАИ, Москва

Последние десятилетия ознаменовали собой сильное развитие технологий в сфере компьютерной техники, искусственного интеллекта и способов цифровой обработки информации. Современные технологии стали довольно широко применяться для решения задач обработки документов, одной из которых является задача интеллектуальной идентификации документа.

Рассмотрение данной задачи актуально, т.к. электронный документооборот присутствует в работе большинства современных предприятий. Автоматизированная идентификация позволит значительно сократить затраты финансовых и человеческих ресурсов на процесс классификации документов, который широко применяется для оптимизации работы с документами.

Целью исследования является изучение методов интеллектуальной обработки и идентификации документов для разработки ПО, позволяющего оптимизировать работу в сфере электронного документооборота.

Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

- Дать характеристику предметной области
- Определить способы считывания информации с цифровых и печатных документов
- Составить перечень используемых на данный момент методов интеллектуальной обработки документов
- Рассмотреть созданные программные решения по интеллектуальной обработке документов
- Изучить архитектуры систем интеллектуальной обработки документов
- Рассмотреть вопрос применимости и полезности нейронных сетей для анализа естественного языка

Таким образом, в ходе исследования были получены результаты, позволяющие определить оптимальные технологии, используемые в ПО, выполняющем интеллектуальную обработку и идентификацию печатных и электронных документов. Практическая значимость заключается в сокращении затрат временных и человеческих ресурсов, применяемых в процессе обработки и идентификации документов.

### **Исследование достоверности результатов опросов в современных специализированных программных комплексах**

Семенов Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

РГУ им. А.Н. Косыгина; МАИ, Москва

Исследование достоверности результатов опросов в современных специализированных программных комплексах.

Идея работы состоит в изучении возможностей по определению достоверности результатов опросов в актуальных современных программных комплексах, определение текущей ситуации и динамики, а также выявление потенциальных способов получения более достоверных результатов.

Опросы в настоящее время крайне актуальны — это самый распространённый метод социологических исследований, использующийся в науке, политике и маркетинге, исследованиях общественного мнения и контроле качества оказания услуг. Бывают опросы очные, когда интервьюер напрямую общается с человеком, но наиболее часто проводятся заочные, осуществляемые при помощи различных как технических, так и иных средств. Конкретно нас интересуют опросы, осуществляемые с помощью специализированных программных комплексов.

В силу специфики заочных опросов, как правило, очень сложно сказать, насколько достоверен и искренен ответ опрашиваемого, так как тот может быть не заинтересован в даче такого ответа, из-за чего появляется неиллюзорная угроза кардинального несоответствия результатов опроса с реальным положением вещей (например, вследствие желания человека ответить не так, как он считает, а так, как в обществе считается правильным).

Соответственно, проанализировав существующие программные комплексы и выявив их текущие возможности и тенденции, можно составить актуальную картину, касающуюся проблемы достоверности опросов, а также выявить возможные способы и пути решения этой проблемы.

Список используемых источников:

1. Онлайн опрос студентов в системе обеспечения качества высшего образования / В. М. Мороз, В. П. Садковой, В. Н. Бабаев, С. А. Мороз // Информационные технологии и средства обучения. — 2018. — Т. 68. — № 6. — С. 235-250. — EDN VRDL0I
2. Позднякова, Г. Е. Применение электронной системы опроса в образовательном процессе / Г. Е. Позднякова // Конференциум АСОУ: сборник научных трудов и материалов научно-практических конференций. — 2016. — № 3. — С. 756-760. — EDN YLJVUL.
3. Давыдкина Л. А. // Современные тренды развития регионов: управление, право, экономика, социум : Материалы XIX Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Челябинск, 21–22 апреля 2021 года. — Челябинск: ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» Челябинский филиал, 2021. — С. 196-199. — EDN WFEJVS.

### **Валидация содержания абзаца текста по заголовку**

Сергеев А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицын С.А.

МАИ, Москва

В процессе создания научно-технической документации авторам нередко приходится уделять значительное время проверкам собственного текста на соответствие требованиям государственных стандартов по оформлению, а также на полноту и корректность смыслового содержания. Автоматизация подобных процессов может серьёзно сократить трудовые и временные затраты авторов, таким образом позволяя авторам уделить большее время и внимание содержательной части их публикации.

Одним из возможным критерием соответствия абзаца заголовку — количество упоминания слов из заголовка либо в теле абзаца. Реализация подобной проверки содержит ряд нюансов.

Заголовок может быть представлен в тексте лишь частично, т.е. непосредственное упоминаться может лишь конкретное слово или словосочетание из заголовка, которое тем не менее будет в той или иной мере репрезентативно для оценки соответствия смысла текста заголовку. Не учитывать подобные упоминания было бы некорректно, но и полноценно учитываться они не должны. Таким образом, при оценке необходимо присваивать весовые коэффициенты различным формам упоминания заголовка.

Конкретные словосочетания либо слова из заголовка могут быть разнесены в рамках предложения или даже нескольких предложений довольно далеко, например между прилагательным и существительным из заголовка в тексте могут фигурировать дополнительные прилагательные и т.п. Конечно, данный аспект задачи можно в известной мере купировать теми же весовыми коэффициентами, оценивая каждый сегмент такого «разбитого заголовка» как отдельное упоминание, но такой подход всё же может быть не совсем точен. Также стоит учитывать синонимию; некоторые слова заголовка могут быть заменены на синоним в тексте абзаца. Однако, данная проблема в первом приближении может быть решена с помощью имеющегося множества словарей синонимов.

Таким образом, можно сделать вывод, что алгоритм валидации соответствия смысла абзаца сложен и требует описания с учетом различных дополнительных факторов.

Список используемых источников:

1. Балакирев Н. Е. Подход к созданию комплекса инструментов автоматизированного анализа текстов на русском языке/ Н.Е. Балакирев, Е.В. Полицына. — Текст: непосредственный // Вестник Воронежского Государственного Университета. — 2016. — №2. — с. 98-105
2. Кюнг, П.А. Развитие нормативной правовой базы создания, обращения и хранения научно-технической документации в РФ на современном этапе — Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. Президента России Б.Н. Ельцина, 2014 — 4 с. — URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36696/1/dais\\_2014\\_04.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36696/1/dais_2014_04.pdf) (дата обращения: 27.09.2021). — Текст: электронный.

## **Разработка специфических алгоритмов уплотнения звуковой информации**

Сергеев И.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.  
МАИ, Москва

Избыточность данных присутствует во всех источниках информации. Уплотнение информации может производиться на основе статистических данных и это известные алгоритмы Хаффмана, Шеннона-Фано, арифметического кодирования. Следующим шагом может быть уплотнение с учетом структуры и содержания кодов в структуре для хранимой или передаваемой информации. При наличии комплексного представления информационного содержания, как это присутствует в звуке, поток данных несет в себе несколько компонент содержания: это слышимое слово, голос говорящего, это тональность произношения и другие сопровождающие звуки. В этом случае исходя из целей распознавания можно выделить каждую из компонент с их информационным содержанием. В таком случае можно добиться минимального количества данных для их представления и также рассматривать это как уплотнение информации.

Созданная методика структуризации звукового потока [1] позволяет более осмысленно производить анализ и хранение этого звукового потока и уже на первом этапе позволяет уплотнять информацию в виде значения амплитуд в 2,5-10 раз, но в предлагаемых структурах хранения наблюдается своя структурная избыточность. Представленную в структурном виде звуковую информацию можно исследовать на предмет уплотнения и сформировать оптимальную форму хранения, в которой она будет содержаться.

Само уплотнение выполняется в ходе сокращения статической избыточности. Например, из-за неравномерности распределения частоты кодируемых символов появляется возможность уменьшить хранимую информацию путём создания таблицы частоты встречи символа и передачи наиболее частому символу кодировку меньшей длины, в то время как наиболее редкому — большей. Иначе говоря, применять на звуковой информации такие статистические алгоритмы сжатия без потерь, как метод Хаффмана или арифметическое кодирование, и оценивать результаты уплотнения на примерах разных источников звука, сохраняя их специфику (голос, музыкальный инструмент или любой другой аудио сигнал) [2].

Проведя дальнейшее исследование звуковой информации, представленной в форме последовательности байт, отражающих: значение амплитуды и количество отчётов (повторений этого значения амплитуды на отрезке времени), предлагается алгоритм сжатия без потерь, состоящий из нескольких этапов:

- 1) удаление нулевых значений амплитуды,
- 2) замена повторяющихся цепочек одинаковых значений амплитуды на одну, которая бы содержала признак уникальности для обнаружения и порядковый номер для восстановления,
- 3) проведение уплотнения алгоритмом Хаффмана или арифметическим кодированием, а также последующее восстановление исходной звуковой информации.

Для решения задачи уплотнения создано ПО, которое проводит сжатие файла, содержащего звуковую информацию, в несколько этапов и для сравнения результатов уплотнения позволит после проведения каждого этапа учесть:

- Размер файла до и после сжатия;
- Коэффициент сжатия (исходный файл/сжатый файл);
- Время сжатия и восстановления

По окончании работы получены следующие результаты:

Исходный размер файла: 11 078 Б;

Размер файла после первого этапа уплотнения: 8 308 Б (объём файла уменьшился на 26 %);

Размер файла после второго этапа уплотнения: 6 960 Б (объём файла сократился на 38 %).

Размер файла после третьего этапа уплотнения (алгоритмом Хаффмана): 3 797 Б (объём файла сократился на 76 %).

Размер файла после альтернативного третьего этапа уплотнения: (арифметическим кодированием): 3 716 Б (объём файла сократился на 78%).

На данном примере арифметическое кодирование в уплотнении даёт небольшое преимущество перед алгоритмом Хаффмана [2].

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н. Е. «Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи» / Н. Е. Балакирев, Х. З. Нгуен, М. А. Малков, М. М. Фадеев // Программные продукты и системы. — 2018. — Т. 31, № 4. — С. 768 — 776

2. Сергеев И. С., Балакирев Н.Е. «Сравнение алгоритмов сжатия звуковой информацией алгоритмом Хаффмана и арифметическим кодированием» // Наукосфера №8 (2). — 2022. — С. 31–35

## **Получение спектра волн на основе структуризации звукового потока**

Соколова А.К.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

В данной работе рассмотрен качественный подход спектрального анализа для исследований. Термин «цифровой спектральный анализ» отражает тип исследуемого колебания и используемый математический аппарат. Так, исследуемое колебание может быть дискретным или цифровым, а используемый математический аппарат должен обеспечивать разложение исследуемого колебания по дискретной или цифровой системе базисных функций. Математический аппарат, в зависимости от метода анализа, базируется, в основном, на дискретном преобразовании Фурье, z-преобразовании, дискретной свертке, разностных уравнениях, линейном моделировании. В литературе термин «цифровой спектральный анализ» относят к обработке как дискретных сигналов, так и цифровых.

Последние исследования по структуризации информационного содержания волн показали, что любой выделенный участок можно представить в виде матрицы отношений размерность которой определяется количеством выбранных характерных точек [1]. Такое представление в достаточной мере отражает характер звукового потока со всем комплексом спектра волн. Но такое представление для большого количества характерных точек весьма проблематично. С появлением новой структуры УНИПРИМ (универсальный примитив) появилась возможность рекурсивного анализа входного потока. Первичные структуры позволяют отразить регулярность максимальных и минимальных характерных точек, а это позволяет разрезать поток на две составляющие на поток минимальных характерных точек и максимальных характерных точек. Эти потоки можно рассматривать, как обычные потоки амплитуд, и подвергнуть их такой же структуризации. Результатом этого будет избавление от информации о волнах, имеющих минимальную длину волны. Это подобно манипуляции подобной работы с вейвлетами [2]. Подобную структуризации рекурсивно можно продолжать до «сжатия» потока до размерности УНИПРИМа.

Суть предлагаемого подхода состоит в получении спектра максимально приближенного к реальному спектру физической волны на основе структуры УНИПРИМа. В процессе получения спектра прежде всего используется качественная информативность звукового потока амплитуд и лишь как дополнение привлекается количественная информативность.

Таким образом, разработанный метод и разработанные алгоритмы, позволяют наиболее точно производить спектральный анализ, но это требует дальнейшего доказательства в практическом плане, на что и ориентирована дальнейшая работа.

Список используемых источников:

1. Балакирев Н.Е., Евсеева М.В., Нгуен Хоанг Зуй, Фадеев М.М. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. В.В. Губарева (Новосибирск, 11-13 декабря 2018 г.). — Новосибирск, 2018. — С. 22-28.

2. Балакирев Н.Е., Гуснин С.Ю., Малков М.А., Червяков Л.М. Фильтрация речевого сигнала с помощью вейвлет-преобразования при решении задач распознавания речи // Известия юго-западного государственного университета, 2012, С. 044-050.

3. Соколова А.К. Вопросы получения спектра звука на основе структуры УНИПРИМ / А.К. Соколова // МАИ Г12 «Гагаринские чтения — 2022»: Сборник тезисов докладов. — Москва, 2022. — С. 281-282.

## **Особенности разработки элементов программно-аппаратного комплекса управления бортовым антенно-фидерным устройством высокоскоростной радиолинии**

Страхов Р.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Цырков Г.А.

МАИ, Москва

В рамках данной работы, решаются задачи по разработке элементов программно-аппаратного комплекса управления бортовым антенно-фидерным устройством (АФУ) высокоскоростной радиолинии.

На данный момент ведутся работы по созданию прототипа графической подсистемы для данного комплекса, отвечающей за отображение текущей ориентации антенно-фидерного устройства в пространстве.

Визуализация результатов управляющих команд повысит эффективность управления поворотным устройством АФУ и упростит проведение испытаний.

В качестве используемых технологий были выбраны OpenGL (для реализации графической подсистемы) и фреймворк Qt. Разработка ведется на языке программирования C++.

Графическая подсистема состоит из следующих компонентов:

- Модуль загрузки 3D-моделей (на данный момент поддерживается загрузка моделей в распространенном формате STL);

- Модуль ядра графической подсистемы, включающий в себя внутреннее представление 3D-пространства, геометрии, камер, источников освещения и т. д.;

- Набор шейдерных программ для видеокарты;

- Виджет Qt, предназначенный для подключения подсистемы к программе управления АФУ.

Прорабатываются варианты построения архитектуры приложения таким образом, чтобы в случае отказа вспомогательного графического модуля работа основного приложения, отвечающего за управление бортовым антенно-фидерным устройством, не была нарушена.

Развитие проекта планируется по следующим направлениям:

- Улучшения графической подсистемы (повышение качества изображения, вывод вспомогательной информации);

- Добавление функционала, позволяющего конечному пользователю заменить 3D-модель АФУ в случае необходимости;

- Улучшения графического интерфейса приложения в соответствии с правилами дизайна.

Список используемых источников:

1. Документация по C++ [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/cpp/cpp/?view=msvc-160> (дата обращения: 23.02.2023).

2. Документация по OpenGL [Электронный ресурс]. URL: <https://opengl.org.ru/docs/index.html> (дата обращения: 24.02.2023).

3. Документация по Qt [Электронный ресурс]. URL: <https://doc.qt.io/> (дата обращения: 25.02.2023).

## **Разработка web-сервиса проведения тестов и оценки знаний**

Струнин Р.А.

Научный руководитель — Квашнин В.М.

МАИ, Москва

Задача заключается в разработке веб-сервиса для создания и проведения онлайн-тестов и последующей оценки результатов на основании суммы баллов, начисленных за верные ответы. На веб-сервисе должны быть реализованы функции прохождения открытых тестов для обучающегося и функции создания тестов с оценкой результатов для преподавателя.

Разработка приложения проводится в 4 этапа:

1. Проектирование базы данных;
2. Разработка панели со списком доступных тестов;
3. Разработка панели администратора для добавления нового теста;
4. Разработка элементов навигации по тесту.

Данные для работы сервиса хранятся в реляционной СУБД MySQL, для подключения используется технология PHP Data Objects. Тесты, вопросы, ответы и результаты хранятся в разных таблицах одной базы данных для предотвращения избыточности. При моделировании базы данных используются связи один к одному, многие к одному. В качестве первичного ключа для связи между таблицами используется идентификатор ID. В дальнейшем идентификатор будет использован для вывода вопросов к тесту, либо перенаправления на страницу с оповещением об ошибке.

Вывод доступных тестов на главную страницу осуществляется с использованием цикла PDO. Для повышения безопасности и защиты от SQL-инъекций используются плейсхолдеры. В результате выполнения программы получается список ссылок, оформленных в виде названия теста. Список выводится на главную страницу, где обучающийся сможет найти тест по названию.

Создание теста происходит через панель администратора, регистрация не требуется. Каждый тест может иметь неограниченное число вопросов. Варианты ответов к каждому вопросу задаются вместе с оценкой (количество баллов) для данного ответа. Оценки результатов в виде комментариев добавляются на этапе создания теста. Для добавления результата требуется ввести нижнюю и верхнюю границу набранных баллов. Для динамического добавления формы на страницу используются пользовательские события javascript.

При переходе по ссылке пользователь перенаправляется на страницу с идентификатором теста. В случае, если не все вопросы пройдены, то страница выводит очередной вопрос. Иначе выводится количество набранных баллов и результат с комментарием из базы данных. Для оформления страницы используются готовые стили Bootstrap, который позволяет сделать дизайн адаптивным к различным разрешениям экрана.

Список используемых источников:

1. Шлоснейгл, Дж. Профессиональное программирование на PHP / Дж. Шлоснейгл. М.: Вильямс, 2006. — 624 с.
2. Штайнер Г. HTML/XML/CSS. Справочник. Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
3. Янк, К. PHP и MySQL. От новичка к профессионалу / К. Янк. М.: Эксмо, 2013. — 384 с.

## **Разработка Telegram-бота, отслеживающего информацию о доменах с помощью Whois**

Тегаев А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Whois сервисы всегда были актуальны, они предоставляют открытую информацию о доменах и его владельце. Данную информацию можно использовать по-разному, например, часто необходимо определить занятость того или иного доменного имени, а также вести мониторинг каких-либо доменов на занятость, нередко необходимо вести мониторинг своих

собственных доменов. Параллельно с этим пользователей социальных сетей становится только больше, в частности, социальная сеть Telegram очень популярна в настоящее время.

В связи с этим появилась идея объединить whois-сервис с социальной сетью, потому что пользователь, практически, сразу может начать использовать данный whois-сервис, дополнительно не регистрируясь на сторонних ресурсах, а также отслеживать информацию по добавленным доменам.

Цель данного проекта — разработать продукт, способный в автоматическом режиме вести мониторинг доменов, добавленных пользователем, при этом интегрировать этот функционал в социальную сеть.

В ходе работы над проектом была выбрана социальная сеть Telegram, так как данная сеть популярна и имеет удобный интерфейс взаимодействия с клиентом, а также удобный интерфейс взаимодействия пользователя с приложением. Серверная часть приложения написана на языке программирования Python. Данный язык был выбран в связи с простотой работы с текстовой информацией, различными модулями и библиотеками способными легко взаимодействовать с API Telegram. Помимо этого, была создана база данных, в которой хранится различная информация о пользователях, доменной информации и т.д.

В результате был разработан Telegram-бот способный работать как whois-сервис и мониторить доменную информацию с удобным для пользователя интерфейсом.

Список используемых источников:

1. <https://core.telegram.org/bots/api>
2. <https://docs.python.org/3/>

### **Моделирование программы обеспечения безопасности пилотажно-навигационного и информационно-измерительного комплекса летательного аппарата**

Тритенко Д.С., Петропавловский Н.А., Кравчук М.С.

Научный руководитель — Дубинин Д.П.

МАИ, Москва

В настоящее время проблема создания оптимальной программы обеспечения безопасности эксплуатации пилотажно-навигационных и информационно-измерительных комплексов (далее ПНИК) летательных аппаратов стоит достаточно остро. Это вызвано тем, что ПНИК, эксплуатируемые личным составом стареют, а также снимаются с хранения и возвращаются в эксплуатацию в рамках специальной военной операции, и, следовательно, часть ПНИК находится за пределами гарантийных сроков эксплуатации.

Задача синтеза оптимальной программы обеспечения безопасности эксплуатации пилотажно-навигационных и информационно-измерительных комплексов (ПОБЭ ПНИК) может быть решена только на основе аналитической модели, так как необозримо большое число подлежащих перебору вариантов делает невозможным проведение достаточно полного факторного эксперимента на базе имитационного моделирования.

Из аналитических методов наиболее простым и удобным, с точки зрения возможностей анализа и синтеза ПОБЭ, не нарушающим адекватности моделей случайных процессов, при некоторых необходимых допущениях, является математический аппарат теории марковских процессов. Целесообразность использования математического аппарата теории марковских процессов при исследовании управляемых случайных процессов обусловлена, прежде всего, их большими возможностями для учета всех существующих связей, анализа и синтеза сложного процесса, каким и является ПОБЭ ПНИК, по частям, а также определенной простотой и общностью моделей, то есть возможностью их развития без проведения всех исследований заново. В самом общем случае функционирование сложной системы можно представить в виде полумарковского процесса, который представляет собой непосредственное обобщение хорошо изученных в теории вероятности цепей Маркова.

Проведенное моделирование показывает, что предложенная модель функционирования сложной технической системы, на примере образца ПНИК летательного аппарата, способна

оказать помощь лицам, принимающим решения обосновать периодичность проведения контроля.

Список используемых источников:

1. Блаженков, В.В. Введение в прикладную теорию полумарковских моделей эксплуатации сложных систем: Учебное пособие. — М.: МО СССР, 1979. — 70 с.
2. Волков, Л.И. Безопасность и надежность систем. — М.: Изд-во СИП РИА, 2003.-268 с.
3. Майструк, А.В. Прогнозирование надежности и безопасности сложных технических систем при композиции законов распределения параметров структурных элементов /А. В. Майструк // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». — 2019. — № 3. — С. 643-656. — EDN XLSWHA.

## **Обзор стандарта для описания данных об изделии (STEP)**

Трофимова Е.И.

Научный руководитель — к.т.н. Цырков Г.А.

МАИ, Москва

В рамках выполнения ВКРМ, возникла необходимость разобраться с форматом STEP. Задача данной работы провести анализ формата данных STEP и выяснить: что же это такое, для чего он нужен и из чего он состоит.

Для начала разберемся что же такое STEP формат. Это универсальный стандарт для представления данных (3D моделей, чертежей и спецификаций) и обмена данными между системами автоматизированного проектирования (CAD-системами), который позволяет описать жизненный цикл изделия. Благодаря расширенному числу возможностей, предоставляемых форматом STEP для хранения информации, он получает преимущество перед IGES, и вытесняет его.

В качестве одного из преимуществ применения единого стандарта, можно выделить упрощение организации обмена информацией между компьютерными системами, применяемыми при прохождении различных этапов жизненного цикла продукта. В случае, когда единый стандарт не используется, с гораздо большей вероятностью может возникнуть такая ситуация, когда обмен информацией будет вестись попарно между всеми используемыми компьютерными системами, что является большим минусом.

И из этого можно сделать вывод, что цель стандарта — обеспечить лояльную систему описания данных об изделии на всех этапах его жизненного цикла.

В качестве структуры формата STEP, можно привести следующую схему:

- Первый уровень, представляющий собой ядро данного стандарта и содержащий набор инструментов, позволяющий создавать другие элементы и производить обмен информацией.
- Второй уровень, являющий собой базовое представление данных продукта, неизменное по отношению к его предметной области. В нем содержится базовая информационная модель изделия, представленная с применением набора инструментов, предоставляемого форматом STEP.
- Третий уровень, являющий собой представления данных о продукте, которые специфичны для его предметной области.

Стандарт STEP состоит из семи элементов, каждый из которых имеет свое назначение и роль в организации обмена информацией.

Формат STEP широко используется в различных отраслях промышленности такие как машиностроение, судостроение, и даже в авиационной и ракетно-космической промышленности.

Рассмотрев формат STEP, можно сделать вывод, что он является удобным и общедоступным форматом хранения данных, которым пользуются во многих отраслях промышленности.

Список используемых источников:

1. Продукты поддержки стандарта STEP [Электронный ресурс]. URL: <https://megalektsii.ru/s32925t8.html> (дата обращения: 20.02.2023)

2. STEP — стандарт для описания данных об изделии [Электронный ресурс]. URL: <https://poznayka.org/s2556t2.html> (дата обращения: 19.02.2023)

3. Структура STEP [Электронный ресурс]. URL: [https://studopedia.ru/6\\_53327\\_struktura-STEP.html](https://studopedia.ru/6_53327_struktura-STEP.html) (дата обращения: 22.02.2023)

4. Страница с информацией о формате STEP на википедии [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/STEP\\_\(стандарт\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/STEP_(стандарт)) (дата обращения: 23.02.2023)

## **Извлечение программных модулей в нерезидентный контейнер**

Фадеев М.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Известно, что при завершении разработки и достижении необходимых результатов возникает необходимость перенесения программного продукта на другие вычислительные комплексы и ОС, а также их сопровождение с учетом синхронизации изменений и дополнений, производимых множеством разработчиков. В настоящее время в разработке программного обеспечения существуют различные программные инструменты для решения комплекса различных задач по хранению и версионированию — системы контроля версий и пакетные менеджеры. Но такие системы во многом рассчитаны на использование программистами и имеют множество специфичных функций, а также требуют больших ресурсов для их развертывания.

Однако, существуют большие системы, в которых, при наличии асинхронности работы разработчиков, работающих на разных языках, включая ассемблер, проводящих эксперименты автономно, и использующих разные цепочки процедур, получающийся программный продукт носит вполне конкретный результат и не зависит от других. Фактически основная связь между выполненными работами осуществляется через цепочку библиотечных процедур и объединена цепочками преобразуемых структур, которая определяется экспериментатором. В связи с этим, в силу слабой связанности получаемых программных продуктов предлагается схема извлекаемых нерезидентных контейнеров (ИНК), в которой необходимо учесть:

- Согласованность версий совокупных подсистем;
- Фиксация дат и времени для обновленных компонент;
- Совместимость и неизменяемость правил установки;
- Информированность о внесенных изменениях.

Нерезидентное состояние программного модуля подразумевает возможность его переносимости с одной операционной системы на другую с условием подготовки на целевой системе необходимой для исполнения модуля программной среды. В отличие от программных контейнеров, подготавливаемых контейнеризаторами приложений, вместе с программным модулем содержатся используемые структурные файлы, наборы системных библиотек и другая сопровождающая информация. При этом предполагается сохранять возможность доукомплектования нерезидентного контейнера как необходимыми программами, так и необязательными для запуска, но по каким-либо иным причинам необходимыми в поставке вместе с целевым модулем. Для более удобного исполнения процесса доукомплектования предлагается механизм оформления максимально простого описательного документа с перечислением всех файлов, которые будут считаться зависимыми от целевого модуля.

Потребность в таком обмене и распространении различных программных модулей, которые могут выступать и как инструменты, и как результаты проведения эксперимента, нередко вызвана необходимостью повторения эксперимента в других средах или может быть использована как готовый продукт.

Такая постановка задачи и соответствующая потребность возникла и при разработке и развитию программного комплекса по извлечению информационного содержания волн. Данный комплекс даёт возможность использовать широкий набор программных инструментов и разрабатывать различные варианты структуризации оцифровываемых

данных для разных видов волн с последующим их восстановлением. Для достижения требуемых объективных результатов потребовалось создать отдельную подсистему ведения и поддержки проводимых экспериментов [1-2]. В дальнейшем встала задача по обмену программных модулей между различными экспериментаторами в виде оторванного от инструментария продукта, который рассматривается как нерезидентный модуль или контейнер. Для функционирования этого контейнера необходимо в автоматическом режиме собирать все составные компоненты, которые необходимы для его работы. Кроме этого необходимо обеспечить информируемость о версии программного продукта и его программных компонент, даты сборки нерезидентного контейнера и, в то числе, его компонент, а также тестовый входной поток, подтверждающий работоспособность и достижимость заявляемых результатов работы.

Таким образом, для обеспечения вышеуказанных возможностей и потребовалась система, которая осуществляет такую сборку программного продукта и не требует вмешательства разработчиков экспериментаторов, как при извлечении продукта из системы, так и при её настройке. Всё это обеспечило простой и прозрачный обмен программными модулями между пользователями.

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н. Е. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев, Х. З. Нгуен, М. А. Малков, М. М. Фадеев // Программные продукты и системы. — 2018. — Т. 31, № 4. — С. 768 — 776

2. Балакирев, Н. Е. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев, М. В. Евсеева, Х. З. Нгуен, М. М. Фадеев // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. В.В. Губарева (Новосибирск, 11-13 декабря 2018 г.). — Новосибирск, 2018. — С. 22 — 28.

## **Автоматизация процесса распределения абитуриентов по профилям при поступлении в высшее учебное заведение**

Федосеев Е.Ю.

Научный руководитель — Рябинкин М.С.

МАИ, Москва

В каждом высшем учебном заведении ежегодно происходит приём абитуриентов по выпускающим направлениям и их последующего распределения по профилям. При распределении зачисленных первокурсников учитываются пожелания, указанные при подаче заявления, сумма конкурсных баллов ЕГЭ и сумма баллов за индивидуальные достижения. Процесс распределения на данный момент подразумевает ручное распределение, являющееся трудоёмким и время затратным.

В качестве инструмента, способного автоматизировать процесс распределения, был разработан веб сервис, построенный на базе микросервисной архитектуры. Данный тип архитектуры выбран для балансирования нагрузки на разные доменные области системы. Для базовых операций с сущностями кафедр и студентов, а также для распределения студентов были созданы три отдельных сервиса. Они имеют доступ к одной реляционной базе данных, в которой хранятся данные о студентах и кафедрах. Также был создан сервис, реализующий функционал администрирования системы, который имеет свою реляционную базу данных для хранения пользовательских данных администраторов. В дальнейшем от сервиса администрирования можно отказаться в пользу централизованного сервиса авторизации по типу keystone. Для повышения скорости работы приложения межсервисное взаимодействие реализовано контрактами protobuf и протоколом gRPC. Помимо этого, arigateway администраторов работает с интерцептором авторизации, проверяя каждый запрос на валидность jwt токена. Функцию обратного проксирования запросов, балансировки нагрузки и раздачи статического контента выполняет контейнер с веб-сервером nginx, открывающий порт для сервисов, отвечающих за пользовательский интерфейс. Для

обеспечения всех требований безопасности все сервисы разворачиваются во внутренней сети docker, а proxy-server использует протокол https. Также, для работы с приложением из браузера был разработан сервис пользовательского интерфейса, использующий экосистему geat. Выбор экосистемы в большей степени определялся стабильностью поддержки технологий, высокой скоростью разработки и простотой поддержки кодовой базы.

Система была протестирована на данных абитуриентов в рамках работы Приемной кампании 2022 года. Результаты автоматического распределения соответствуют ручному распределению, в будущем планируется доработать интерфейс пользователя и применить сервис в рамках Приемной кампании 2023 года.

Список используемых источников:

- 1 Документация по языку Golang URL <https://go.dev> (дата обращения: 10.06.2022)
- 2 Документация по протоколу gRPCURL: <https://grpc.io> (дата обращения: 15.07.2022)
- 3 Мартин Р. Чистый код; создание, анализ и рефакторинг (дата обращения: (01.03.2022)
- 4 Мартин Р. Чистая архитектура (дата обращения: 01.03.2022)

## **Разработка архитектуры программного комплекса для управления движением беспилотного летательного аппарата**

Хорошко А.Л.

Научный руководитель — Харитоненков А.И.

МАИ, Москва

Автоматическое управление БЛА осуществляется с помощью бортового комплекса навигации и управления, который включает в себя: систему инерциальных датчиков для определения ориентации и параметров движения БПЛА, приемник спутниковой навигации, систему воздушных сигналов для измерения воздушной скорости и высоты.

Подобная система используется только для управления БЛА на открытом пространстве. При использовании БЛА внутри зданий и для полетов на низких высотах, необходимо применение дополнительных систем, способных определять расстояние до объектов. Зачастую для решения подобных задач используются лидары, камеры глубины и одномерные сонары. Также необходимо в режиме реального времени обрабатывать полученные данные с сенсоров, строить трехмерную карту окружающего пространства и рассчитывать с учетом полученных данных наиболее безопасный и оптимальный маршрут, именно поэтому на борту применяется дополнительный вычислитель способный решать подобные задачи. Кроме того в труднодоступных районах, внутри некоторых помещений возникает проблема отсутствия GPS сигнала. Таким образом, возникает необходимость определять координаты, обрабатывая поток данных с бортовых датчиков.

Таким образом, реализации автономного управления БЛА требует решения трех основных задач:

1. Определить координаты и положение БЛА в пространстве.
2. Построить трехмерную карту окружения БЛА.
3. Реализовать программный комплекс для планирования маршрута с учетом целей и задач полета, координат и карты окружающего пространства.

Исходя из таких условий эксплуатации, возникает задача разработки системы автономного управления полетом БЛА для решения поставленных перед беспилотным летательным аппаратом задач.

Список используемых источников:

1. Ahtelik, M., Weiss, S., Siegart, R.: Onboard IMU and monocular vision based control for MAVs in unknown in- and outdoor environments. In: Intl. Conf. on Robotics and Automation (ICRA) (2011).
2. Afanasyev, I., Sagitov, A., & Magid, E. (2015). ROS-Based SLAM for a Gazebo-Simulated Mobile Robot in Image-Based 3D Model of Indoor Environment. ACIVS.
3. Benhimane, S., Malis, E.: Real-time image-based tracking of planes using efficient second-order minimization (2004)
4. B. D. Lucas and T. Kanade, (1981). An iterative image registration technique with an application to stereo vision (darpa). DARPA Image Understanding Workshop, Apr 1981, on, 121–130.

## **Исследование методов диспетчеризации для управления потоками задач компьютерной лингвистики**

Чересов П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

В современном мире накопилось огромное количество необработанной текстовой информации, которое с каждым днём только увеличивается. Это делает автоматизацию её обработки одной из наиболее актуальных задач, чем и занимается наука компьютерная лингвистика (КЛ) [1].

КЛ занимается созданием программного обеспечения для анализа текстов на естественных языках, их понимания и синтеза. Все эти направления порождают набор разнотипных задач, довольно сильно различающихся по скорости выполнения и требуемых ресурсам. Увеличение числа задач может привести к тому, что одна из них может использовать все ресурсы системы, не давая возможности выполниться остальным.

Для решения этой проблемы предлагается создание инструмента диспетчеризации задач, ориентированного на управление потоками задач, связанных с автоматической обработкой текстов на естественном языке.

Важным моментом является выбор дисциплины диспетчеризации — способа составления очереди готовых к выполнению задач. Дисциплины разделяются на два больших класса:

- **Приоритетные** — каждой задаче присваивается некоторое значение, которое называется приоритетом. Он определяет её важность по сравнению с другими задачами и влияет на количество получаемого процессорного времени и время ожидания в очереди.

- **Бесприоритетные** — отсутствие дополнительных характеристик у задач, дающих им преимущество перед другими задачами.

Приоритеты разделяются на статические и динамические. Статический приоритет определяется лишь один раз перед отправкой задачи в очередь и зависит от её характеристик (тип, время выполнения, требуемый объём памяти и т.д.). Недостатком выступает возможность появления низкоприоритетных задач, которые долгое время не будут выполняться.

Динамический приоритет является более гибким вариантом, допускающим многократное изменение. Таким образом, исправляется недостаток статической реализации, взамен на наличие накладных расходов на переопределение приоритета.

Существуют следующие дисциплины диспетчеризации:

- **FCFS (First Come First Served)** — задачи выполняются в порядке их попадания в очередь. Является самой простой и популярной дисциплиной, однако при этом не различает задачи по их типам и времени выполнения. Из-за этого трудоёмкие задачи могут не дать простым даже запуститься.

- **SJF (Shortest Job First)** — очередь сортируется на основе приоритетов задач. Недостатком может являться обделение вниманием долгих по выполнению задач.

- **RR (Round Robin)** — задачи выполняются циклично друг за другом в течении определённого каждому из них интервала времени.

В виду наличия большого числа разнотипных задач использование приоритетов при построении очереди задач является обязательным. Следующим шагом является способ определения приоритетов, который не просто зависит от размера файла с исходным текстом. В нём могут быть различное кол-во слов, предложений, омонимов всех типов и т.д., которые существенно влияют на объём затрачиваемых задачей ресурсов. Для решения этой проблемы необходимо проанализировать и классифицировать задачи КЛ с точки зрения вычислительной сложности.

Были рассмотрены алгоритмы трех видов задач КЛ: автоматическое аннотирование текстов [2], автоматическое извлечение ключевых слов [3], информационный поиск [4].

Предложенная классификация будет использоваться при определении приоритетов поступающих задач.

Список используемых источников:

1. Дюжева А. Н. Информационные технологии в лингвистике. — 2021.
2. Бисикало О. В., Назаров И. А. Обзор методов автоматического аннотирования текстов //Научные труды Винницкого национального технического университета. — 2013. — №. 2.
3. Ванюшкин А. С., Гращенко Л. А. Методы и алгоритмы извлечения ключевых слов //Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2016. — №. 19. — С. 85-93.
4. Урвачева В. А. Обзор методов информационного поиска //Вестник Таганрогского института имени АП Чехова. — 2016. — №. 1. — С. 457-463.

## **Программное обеспечение для определения устойчивости систем автоматического управления**

Черненко О.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

При проектировании средств автоматического управления, существенную роль играет определение устойчивости системы. Под влиянием различных внешних факторов в любой такой системе возникают переходные процессы. Следовательно, необходимо, чтобы такие процессы с течением времени завершались, а сама система переходила в новое равновесное состояние или возвращалась к исходному. Иными словами, нужно достичь, чтобы система обеспечивала движение объекта управления относительно некоторого состояния равновесия с заданной точностью. Это и есть устойчивость — главный фактор работоспособной системы [1].

Из всего вышесказанного, сама идея разработки программного приложения для автоматизации процесса определения устойчивости САУ является весьма привлекательной в силу своей актуальности и сравнительно малого количества аналогов. Помимо прочего, немаловажным фактором является создание именно кроссплатформенного приложения, так как разработка под конкретную операционную систему приведёт к потере части предполагаемой целевой аудитории. Данная программа позволяет ускорить и облегчить процесс проверки передаточной функции системы, что позволяет сэкономить один из важных ресурсов разработки чего-либо — время. Также программа может помочь в изучении критериев устойчивости и самопроверке в процессе освоения дисциплины «Теория автоматического управления».

Для удовлетворения всем задачам проекта в качестве инструментальных средств выбраны среда разработки Visual Studio 2019 и поддерживающий модульную платформу .NET кроссплатформенный фреймворк Avalonia для создания пользовательского интерфейса на основе XAML. Avalonia обеспечивает гибкую систему стилей и поддерживает широкий спектр операционных систем, таких как Windows, Linux, macOS. Ориентируясь на указанный фреймворк, соответственно, был выбран объектно-ориентированный язык программирования общего назначения C#.

Хорошим тоном будет указать паттерн проектирования, используемый при создании проекта. Очень удобно Avalonia реализует архитектурный паттерн, именуемый MVVM (Model-View-ViewModel). Данный подход позволяет отделить логику приложения от визуальной части [2].

Словесное описание алгоритма программы выглядит следующим образом:

На начальном этапе было сделано допущение, что САУ уже линеаризована и пользователь ввёл с клавиатуры передаточную функцию, характеризующую динамические свойства системы. По передаточной функции составляется характеристическое уравнение, которое проверяется на необходимое условие устойчивости, а именно положительность всех коэффициентов характеристического уравнения. Если оно не выполняется, программа заканчивает работу и выводится соответствующее сообщение, в противном случае происходит проверка на достаточное условие сходимости с помощью алгебраических

критериев устойчивости Рауса по одинаковым знакам коэффициентов первого столбца одноименной таблицы; Гурвица по положительности диагональных миноров и соответствующего определителя и Вышнеградского по положительности коэффициентов и положению о том, что произведение коэффициентов средних членов характеристического уравнения должно превышать произведение коэффициентов крайних членов.

Проверка проходит и по частотному критерию устойчивости Михайлова, где анализу подвергается поворот вектора  $a(j\omega)$  на угол  $\Psi_a = n\pi/2$  против часовой стрелки при изменении значения  $\omega$  от 0 до  $\infty$ . Величина « $n$ » показывает степень характеристического уравнения исследуемой системы.

Но наибольшую популярность получил частотный критерий Найквиста, по исследованию годографа амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) разомкнутой системы которого нужно, чтобы тот при изменении значения  $\omega$  от 0 до  $\infty$  совершил число положительных переходов действительной оси левее точки с координатами  $(-1; j0)$  больше числа отрицательных переходов на величину, равную  $n/2$ .

В дополнение ко всему определяется запас устойчивости САУ, то есть удаление годографа АФЧХ разомкнутой САУ от критической точки в направлении вещественной оси (определяется расстоянием от критической точки до точки пересечения годографом оси абсцисс).

На выходе программы пользователь видит характеристическое уравнение, заключение по необходимому условию, по алгебраическим критериям с коэффициентами и диагональными минорами и частотным с вычисленными углами, а также расстоянием для запаса устойчивости.

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет с определённой точностью судить об устойчивости САУ по различным критериям и выдавать все используемые в ходе оценки данные, а также определять запас устойчивости системы. Целевой аудиторией пользователей могут выступать как инженеры-проектировщики, конструкторы, математики, так и студенты технических специальностей, преподаватели технических средне специальных/высших учебных заведений.

Список используемых источников:

1. Бесекерский В.А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. СПб: Профессия, 2003. — 752 с.
2. Garofalo R. Enterprise Applications with Windows Presentation Foundation and the Model View ViewModel Pattern 1st Editio. Microsoft Press, 2011. — 226 p.

## **Разработка программного комплекса, предназначенного для оптимизации реферальной программы компании**

Черникова О.А., Охрименко Н.И.

Научный руководитель — к.т.н. Цыркв Г.А.  
МАИ, Москва

Актуальность данной работы заключается в том, что по мере развития рынка поиска работы, реферальная программа становится одним из наиболее эффективных и популярных инструментов в рекрутменте компании. По статистике, приведенной карьерным порталом Zipra, 88% работодателей оценивают реферальную программу как лучший источник привлечения кандидатов. При этом по данным HR Technologist, привлеченные кандидаты нанимаются на 55% быстрее, нежели кандидаты с job-порталов. LinkedIn также проводил исследования, которые показывают, как реферальные программы сокращают время найма.

Цель данной работы заключается в разработке программного комплекса, направленного на повышение вовлеченности сотрудников в процессы найма компании. Кроме того, данная рекомендательная система целесообразна и для рекомендуемых потенциальных кандидатов (рефералов), и для бизнеса в целом. Она позволит сэкономить время, деньги и ресурсы.

На данный момент проводится большое количество исследований в области рекрутмента. По данным «Делойта», 56% компаний заинтересованы в том, чтобы

цифровизировать собственную систему работы с кадрами, используя цифровые и мобильные инструменты.

В текущий момент разрабатывается прототип программного комплекса, направленного на сбор, хранение и обработку персональных данных рефералов, а также создание удобной системы занесения этих данных внутренними сотрудниками компании. Для проверки эффективности работы прототипа решение будет интегрировано в кадровую систему тестовой компании. Ожидается, что в результате апробации подтвердится эффективность и практическая применимость разработанного технологического решения.

Таким образом, данная работа имеет большое практическое значение, способное повысить вовлеченность сотрудников, а также сократить временные и финансовые издержки бизнеса.

Список используемых источников:

1. Employee Referral Statistics [2023] — Zippia [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zippia.com/advice/employee-referral-statistics/> (дата обращения 14.02.2023)

2. Официальная документация Python [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата обращения 15.02.2023)

3. Официальная документация Flask Framework [Электронный ресурс]. URL: <https://flask.palletsprojects.com> (дата обращения 15.02.2023)

4. Дополнительная информация по REST [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/38730> (дата обращения 17.02.2023)

5. Справочник по HTML и CSS [Электронный ресурс]. URL: <http://htmlbook.ru/html> (дата обращения 18.02.2023)

## **Исследование алгоритмов для удаления шума из изображений**

Шалугин Д.А.

Научный руководитель — Квашнин В.М.

МАИ, Москва

Исследование алгоритмов для удаления шума из изображений является актуальной темой в области обработки изображений. На протяжении многих лет шум является одной из главных проблем в обработке изображений.

В настоящее время многие области применения обработки изображений, такие как медицина, геодезия, аэрокосмическая и автомобильная промышленности, используют изображения как основной инструмент для анализа и обработки данных. Однако, при получении изображений возникает различные виды шума, такие как гауссовский шум, шум соли и перца и другие, которые влияют на качество изображения и могут приводить к ошибкам в анализе и обработке данных. Поэтому исследование алгоритмов для удаления шума из изображений является важным. Оно позволяет проанализировать способы, и понять, как улучшить качество изображений, повысить точность анализа и обработки данных, а также снизить затраты на обработку изображений. В дополнение, важность удаления шума обусловлена тем, что это увеличивает скорости обработки изображения и упрощает требования к хранению изображений. Чем чище исходное изображение, тем быстрее его можно обработать и передать, что особенно важно при работе с большими объемами данных. Также уменьшение размера изображения может помочь снизить нагрузку на серверы и устройства, на которых они хранятся и обрабатываются.

Существует множество алгоритмов для удаления шума из изображений, которые могут быть применены в различных областях применения, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Некоторые алгоритмы, такие как фильтр медианы и фильтр Гаусса, являются простыми и легко реализуемыми, но могут неэффективно работать при очень сильном шуме. Другие алгоритмы, такие как вейвлет-преобразование и нейронные сети, могут работать более эффективно, но требуют большего количества вычислительных ресурсов и могут быть более сложными в реализации. Эти алгоритмы можно применять как

в ручном, так и в автоматическом режиме, что позволяет выбрать оптимальный вариант для конкретной задачи. Кроме этого, исследование алгоритмов для удаления шума из изображений может помочь в разработке новых методов и подходов к обработке изображений.

В связи с существованием множества различных подходов к удалению шума из изображений целью данной работы было выбрано изучение различных подходов к решению рассматриваемой задачи, а также определение их алгоритмической сложности, области применимости и условий, при которых они наиболее эффективны.

## **Разработка системы хранения конфиденциальных данных на удаленных серверах (в публичных облаках)**

Ширяев П.И.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

МАИ, Москва

В последнее время с развитием технологий стало возможно хранить данные не только на жестких дисках компьютера, но и в облачных хранилищах. Такие хранилища позволяют пользователям не беспокоиться о сохранности данных. Информация постоянно доступна через настольные приложения и клиенты, веб интерфейсы и интернет-страницы, а также по запросу связанных с облачным хранилищем инструментов. Использование таких средств упрощает взаимодействие с компьютерами, потому что файлы не потеряются при поломке жесткого диска персонального компьютера, могут быть открыты не только с помощью домашнего устройства, но также и на рабочей машине, на телефоне, на планшете и так далее.

Для обеспечения бесперебойного доступа к файлам необходимо устойчивое подключение к интернету и учетная запись одного из доступных сервисов. Такими сервисами являются: Dropbox, «Google Диск» (Google One), Mega, Яндекс.Диск, OneDrive, «Облако Mail.Ru», iCloud, Box, pCloud и др. Данные облака обладают всеми преимуществами облачных хранилищ, которые были ранее описаны, но также имеют недостатки, которые нужно устранять.

Публичные облака являются физически большими серверными помещениями, которые вмещают в себя достаточное количество жестких дисков, оборудования и систем поддержки бесперебойной работы сервиса. Такие хранилища, являясь набором HDD носителей, представляют из себя всего лишь большой сервер, к которому можно получить доступ на физическом уровне. А также к серверу на интернет уровне можно получить доступ с помощью учетной записи администратора и прочитать файлы, хранящиеся в виртуальных хранилищах пользователей. В этом случае нет никакой гарантии безопасного хранения данных пользователей, потому как шифрование, возможно, используется только для обеспечения безопасности передачи данных, но не хранения их на серверах.

В данной работе рассматривается создание системы, позволяющей хранить данные в публичных облаках безопасно.

Для работы создано виртуальное хранилище, представляющее из себя файл со структурой памяти и множество файлов, хранящих в себе набор из отрывков реальных файлов.

Работа системы довольно примитивна, но также эффективна — для начала считывается файл со структурой памяти и расшифровывается, затем при выборе искомого файла на устройство загружаются отрывки этого файла, расшифровываются и слепляются в один большой файл, а при загрузке имеющегося файла, он разбивается на части определенной длины, записывается в файлы с отрывками и шифруется. При таком процессе становится трудно выяснить изначальное состояние памяти, т.к. файлы не только зашифрованы, но и разделены на различные части.

Для создания системы использовался язык C# и платформа .Net.

Значимость создания такой системы заключается в повышении безопасности хранения конфиденциальных данных в публичных облаках.

Список используемых источников:

1. Ивоини П. В. Безопасность облака в деталях //Безопасность информационных технологий. — 2013. — Т. 20. — №. 2. — С. 37-40.

2. Ханис А. Л. и др. Шифрование данных в облаке с возможностью поиска //Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы. — 2019. — С. 85-100.

## **Моделирование структур с магниторезистивными свойствами при помощи программного комплекса для проведения мультифизических расчетов**

Щербаков В.С.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Ревизников Д.Л.

МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается бурное развитие индустрии информационных технологий, за счет чего растет также и спрос на цифровые устройства, в том числе на накопители данных. При этом идет непрерывное развитие форматов накопителей с тенденцией на достижение энергонезависимости. Магниторезистивная оперативная память — одно из наиболее перспективных направлений в этой сфере. В ее основе лежит принцип хранения информации при помощи магнитных моментов, которые характерны для многослойных структур с магниторезистивными свойствами.

В данной работе рассматривается использование программного комплекса для проведения мультифизических расчетов [2] для многомасштабного моделирования структур с магниторезистивными свойствами [1, 3]. Предложен сценарий для расчета зависимости туннельной проводимости от толщины барьерного слоя и приложенного напряжения смещения. В качестве исходных данных сценарий получает химическую формулу и кристаллическую структуру. В результате происходит расчет туннельной проводимости. Параллельно происходит расчет специфических магнитных и немагнитных свойств материала (за это отвечает различное программное обеспечение). Результаты расчетов преобразуются в нужный для расчета проводимости формат на этапе «Подготовка входных данных». Сценарий, согласно многомасштабной модели [1] разделен на два уровня: квантово-механический и молекулярно-динамический. На квантово-механическом уровне происходит расчет параметров, необходимых в дальнейшем на молекулярно-динамическом уровне:

- Квантово-механический расчет с релаксацией
- Расчет констант упругости на данных квантовой механики
- Расчет магнитных свойств (электронной структуры, плотности и спиновой поляризации носителей электрического заряда, энергетических зон и барьеров)

На молекулярно-динамическом уровне происходит расчет параметров, необходимых для вычисления туннельной проводимости в зависимости от толщины барьерного слоя и приложенного напряжения смещения:

- Подбор потенциала межатомного взаимодействия
- Подготовка входных данных (включая магнитные свойства)

Представлены детали сценария вычисления туннельной проводимости в зависимости от толщины барьерного слоя и приложенного напряжения и результаты расчета в программном комплексе для проведения многомасштабных и мультифизических расчетов.

Список используемых источников:

1. Абгарян К.К., Бажанов Д.И., Соболев Н.А. Многомасштабное моделирование многослойных наногетероструктур на основе ферроолибдата стронция. Материалы III международной конференции Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов. МММЭК–2021. 25–26 октября 2021 г., Москва, с. 53-57

2. Абгарян К.К., Гаврилов Е.С. Программный комплекс для проведения мультифизических и многоуровневых расчетов. Материалы III Международной конференции «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов» МММЭК-2021. 25–26 октября. 2021 г., Москва, с. 38–42

3. Щербаков В.С. Программные средства для моделирования многослойных структур с магниторезистивными свойствами // Гагаринские чтения — 2022: XLVIII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов: М.; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2022. — С. 453–454

## **Секция №3.5 Электротехника, электротехнические комплексы и электроника**

---

### **Стабилизированное выпрямительное устройство с криогенным охлаждением для перспективных авиационных систем электроснабжения**

Алексеев А.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

На сегодняшний день наблюдается устойчивая тенденция непрерывного роста мощности, потребляемой электрооборудованием летательных аппаратов. Увеличение мощности потребления требует повышения генерируемой мощности авиационных систем электроснабжения. Использование существующих технологий при уровне мощности порядка нескольких мегаватт становится все более затруднительным и нерациональным по удельным массогабаритным показателям. Кроме того, исследования, посвященные разработке концепций более и полностью электрического самолета, говорят о необходимости использования сверхпроводниковых технологий. В связи с этим появляется возможность встраивания полупроводниковых преобразователей электроэнергии, необходимых для функционирования систем электроснабжения, в общий контур криогенной системы охлаждения.

Одним из возможных вариантов реализации перспективной авиационной системы электроснабжения является использование сверхпроводникового магнитоэлектрического генератора совместно с управляемым полупроводниковым преобразователем, а также применение сверхпроводниковой кабельной линии для передачи электроэнергии. Таким образом может быть сформирован канал постоянного тока системы электроснабжения.

Данная работа посвящена разработке трехфазного стабилизированного выпрямительного устройства с функцией коррекции коэффициента мощности с криогенным охлаждением силового каскада. В ходе работы был разработан и собран прототип такого преобразователя. Были проведены экспериментальные исследования выпрямительного устройства, которые подтвердили его работоспособность в условиях криогенного охлаждения жидким азотом, а также позволили провести верификацию ранее созданной имитационной компьютерной модели преобразователя электроэнергии.

Список используемых источников:

1. Алексеев А.О., Остапчук М.А., Шишов И.М. Использование корректора коэффициента мощности в структуре перспективной системы электроснабжения летательных аппаратов. Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVIII Гагаринские чтения 2022. С. 292.

2. Ковалев К. Л. и др. Перспективы применения сверхпроводниковых устройств на борту полностью электрического самолета с гибридной силовой установкой. Электротехника, 2018, № 10, с. 45–53. DOI:10.24160/0013-5380-2018-10-45-53.

3. K. Kovalev et al., «Superconducting System With 100 kW Output Power for Experimental Research,» in IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 32, no. 4, pp. 1-4, June 2022, Art no. 5201004, DOI: 10.1109/TASC.2022.3147442.

### **Обзор популярных симуляторов электрических схем**

Богданова К.С., Дроба М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

На сегодняшний день компьютеры и информационные технологии прочно вошли в жизнь современного человека. Процесс обучения в высшем учебном заведении уже не представляется без освоения различных компьютерных программ и информационных систем. Так, и при изучении дисциплины «Электротехника и электроника» на лабораторно-

практических занятиях в разных учебных высших заведениях применяется множество различных программ компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем [1], такие как Electronics Workbench, NI Multisim, Micro-Cap, Proteus VSM, OrCAD, TINA, Logisim работе [2]. Также многие ведущие ВУЗы применяют авторские учебные комплексы, включающие в себя не только программу имитационного моделирования объекта, но и полную математическую модель, построенную в MATHCAD или MATHLAB [3].

Практически все они являются зарубежными, платными, и требуется лицензия для их установки. В последнее время получили актуальность онлайн-симуляторы, для которых необходимо только стабильное подключение к сети Интернет.

В статье проведен обзор таких популярных бесплатных онлайн-симуляторов, предназначенных для построения и анализа электрических цепей. Сравнительный анализ этих программ осуществляется с точки зрения их доступности, простоты освоения и эффективности применения преподавателями и студентами в учебном процессе. Определены их достоинства и недостатки. Были рассмотрены Circuit Simulator Applet, EasyEDA, Qucs, SimInTech.

Онлайн-симулятор Circuit simulator используется только в учебных целях, для которых её возможностей вполне достаточно, многие компоненты здесь идеализированы, что не всегда обеспечивает достоверность выходных данных для сложных технических систем, из-за чего точность результатов их анализа значительно снижается.

Для работы в программе не требуется установка и регистрация, доступна для входа с любого устройства. Имеет достаточно понятный интерфейс. Недостатками симулятора являются зависимость от стабильного подключения к сети Интернет, а также отсутствие возможности сохранения схемы после выхода из симулятора.

EasyEDA — универсальная веб-среда, доступная после несложной регистрации. Среда имеет понятный и удобный интерфейс и большое количество базовых компонентов и приборов. А также имеется возможность включения дополнительных компонентов из дополнительных библиотек [4]. В отличие от симулятора Circuit simulator существуют возможность сохранять проекты в облачном хранилище.

Также с целью ознакомления были рассмотрены еще две среды имитационного моделирования — Qucs и SimInTech.

Qucs-программа — не являющаяся веб-симулятором, предназначенная для построения и моделирования электрических схем, обладающая достаточно широкими возможностями режимов моделирования (по постоянному и переменному току, переходных процессов, S-параметров, цифровое, оптимизация и т.д.). Поддерживается на различных операционных системах (Linux, Windows и FreeBSD) [5].

SimInTech — программный комплекс, предназначенный для моделирования электротехнических систем и расчёта их параметров, создания математических моделей. На свет проект появился в 2008 году. Написан на языке программирования Pascal в России компанией «ЗВ Сервис», и рассматривается как отечественный аналог американской среды разработки MATLAB и SimuLink [6,7]. Спектр схем, которые можно построить в программе, очень широк. Помимо электротехнических и электронных схем здесь можно построить, к примеру, теплогидравлическую схему. Пробная версия включает в себя 250 блоков, чего более чем достаточно для построения электрических цепей. Однако имеет место невысокая точность измерений.

Рассмотренные в обзоре программы обладают структурированным и понятным интерфейсом, ни в чём им не уступают известным лицензионным средам моделирования электрических цепей, являются доступными, вполне могут использоваться в учебном процессе по дисциплине «Общая электротехника и электроника» для получения навыков построения и анализа электрических цепей.

Список используемых источников:

1. Беляева Ю.А., Мостовой Д.Н., Баричев Ю.С., Карасев Д. С. Опыт разработки отечественной элементной базы в Multisim для проектирования электронных устройств //

Материалы XLVIII Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения» — М.: Издат. МАИ, 2022. С.203.

2. В.А. Алехин Развитие учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с моделированием в программной среде TINA Открытое образование Т. 21. № 6. 2017, стр. 57-69.

3. А.А. Титов, Ю.А. Беляева, Компьютерное моделирование электрических цепей в MULTISIM и MATHCAD.

4. Моделирование электрических цепей в среде в EasyEDA: [https://image.easyeda.com/files/EasyEDA-Tutorials\\_v6.4.3.ru.pdf](https://image.easyeda.com/files/EasyEDA-Tutorials_v6.4.3.ru.pdf)

## **Гипотеза механизма возникновения молний в элементарной ячейке грозы**

Гуляева Е.В., Давыдова А.Д.

Научный руководитель — доцент, Фаворский К.Г.

МАИ, Москва

Напряжённость электрического поля в атмосфере существует всегда и в любую погоду. Исследование электричества в атмосфере рассматривается в многотомном издании Фейнмановских лекций по физике ([1], том 5, глава 9). В работе описывается образование одной из многих «ячеек» обычной грозы. Под «ячейкой» подразумевается область (имеющую в горизонтальном направлении ограниченную протяжённость), в которой происходят все основные процессы. Обычно имеется несколько «ячеек», расположенных одна возле другой, а в каждой из них происходит примерно одно и то же, разве что с некоторым сдвигом во времени. В работе [1] подробно рассматривается движение воздушных масс с включением частиц воды, льда и в некоторых случаях посторонних загрязнений воздуха. Но что касается образования зарядов в работе встречаются фразы: «никто не знает почему он там появляется и насколько он важен» ([1] стр. 186), это о положительном заряде в нижней области грозового облака; или «Точный механизм того, что происходит в грозе неизвестен, и совсем не обязательно связывать его с только что описанным» ([1] стр. 189), это об одной из теорий возникновения зарядов.

В работе [4] по поводу образования грозových явлений сделан вывод: «... весьма существенно получение общих характеристик распределения зарядов и электрического поля в зависимости от стадии развития грозových облаков. Однако выполнение этой задачи в полном объёме ещё невозможно из-за ограниченности данных измерений». В работе автор обобщает работы советских и зарубежных исследователей, которые исследовали атмосферные явления с помощью зондов, и делает вывод, что не достаточна «точность сведений о траектории полёта зонда внутри грозового облака; точность измерения величин напряжённости поля, приводящая к большим ошибкам (при правильном определении направления поля)».

В работе ([1] стр. 191) ионизацию воздушных масс связывают с замерзанием капель воды.

В работе [2] авторы делают следующие заключения: «Физические процессы образования грозových облаков до сих пор окончательно не раскрыты». В статье авторы приходят к мнению, что причиной ионизации являются космические лучи. В той же работе приводятся вопросы, ответы на которые определяют образование молний — «В физике образования грозových облаков главными являются следующие вопросы: а) Каким образом внутри облака появляются разноимённые заряды. б) Каким образом происходит пространственное макромасштабное (на расстоянии в несколько километров) разделение этих зарядов, сопровождаемое появлением сильного электрического поля. в) Как образуются молниевые разряды».

В предлагаемом докладе рассматривается гипотеза дополнительного механизма образования молниевых разрядов, в которой авторы пытаются ответить на поставленные в [2] вопросы и предложить гипотезу горизонтального разделения зарядов.

1. Причинами ионизации может послужить энергетическое воздействие на молекулы воздуха.

В ионизированном воздухе находятся положительные  $q+$  и отрицательные  $q-$  заряды, поэтому уравнение записано для двух типов зарядов. Вектор  $V$  магнитная индукция, создаваемая магнитным полем Земли. Уравнение Лоренца объединяет два закона: закон Кулона и закон Ампера. Сравнение сил магнитного и электрического взаимодействия ([3], стр. 135) показывает, что силы Кулона больше сил Ампера. Но условием появления сил Кулона является наличие напряжённости поля, а избыточные заряды в ионизированном воздухе малы по сравнению с суммарным зарядом, и поэтому напряжённость  $E$  появляется только в процессе разделения зарядов. В первый момент после начала процесса ионизации существует только сила Ампера, которая определяется скоростью  $v$  подъёма тёплых воздушных масс воздуха, которые появляются в ячейке грозы и магнитным полем Земли. В грозовой ячейке действует очень сильная тяга вверх ([1], стр. 182). Сила  $q+ [v \times B]$  противоположна по знаку силе  $q- [v \times B]$  и заряды разных знаков будут двигаться во взаимно противоположные стороны. Протяжённость ячейки определяется размерами воздушного потока тёплого воздуха. Разобьём поток на элементарные струи воздуха с одинаковым по площади сечением. Выделим три смежные струи с одинаковой скоростью  $v$  и расположенных в плоскости, которая перпендикулярна вектору  $V$ . Через плоскость, разделяющую ячейки  $i-1$  и  $i$  пройдёт заряд в  $i$ -ую ячейку такой же величины, какой покинет эту ячейку через плоскость, разделяющую ячейки  $i$  и  $i+1$ . Следовательно накопление заряда в  $i$ -ой ячейке не будет. Но если скорости воздушного потока в крайних ячейках будут меньше, чем в центральных, обмен зарядов будет не одинаковым, и в ячейках с меньшей скоростью будет накопление заряда. Накопление заряда будет по краям воздушного потока, который может иметь большую протяжённость и создавать относительно малую напряжённость электрического поля внутри ячейки.

Список используемых источников:

1. Фейман Ф., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике, том 5 Электричество и магнетизм. Издательство «МИР». Москва 1966 г.
2. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Физика газовых облаков. РАН, физический институт имени П.Н. Лебедева. Перепринт 2. Москва. 2004 г.
3. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. Москва. «Высшая школа». 1991 г. Стр 57.

## **Автоматизация контроля сопротивления изоляции при наземных испытаниях систем электропитания космических аппаратов**

Ковкин И.В., Москаленко Н.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кремзуков Ю.А.

НИИ АЭМ ТУСУР, Томск

В основе платформы любого космического аппарата (КА) лежит система электропитания (СЭП), обеспечивающая его работоспособность и исправное выполнение целевых функций. Срок активного существования (САС) и показатели эффективности КА в значительной мере зависят от качества энергоснабжения всех его подсистем и бортовой аппаратуры. Статистика отказов показывает, что причиной многих аварийных ситуаций являются невыявленные до полета дефекты, возникшие при создании энергопреобразующей аппаратуры (ЭПА) [1]. Поскольку САС и мощность СЭП современных КА продолжают увеличиваться с каждым годом, повышаются и требования к надежности ЭПА и всей СЭП. В связи с этим особо важно проводить этап наземных испытаний бортовых систем КА, при которых проверяется исправность как отдельных блоков СЭП, так и всей системы в целом.

В настоящее время предстартовые испытания различных систем КА осуществляются с применением специализированных программно-аппаратных комплексов, которые позволяют проводить полное исследование всего бортового электрооборудования в автоматизированном режиме [2]. Для испытаний и отработки ЭПА используется метод имитационно-физического моделирования, когда вместо реальных элементов СЭП используются имитаторы, которые с высокой точностью воспроизводят вольт-амперные и

частотные характеристики солнечных и аккумуляторных батарей, а также бортовой нагрузки КА. Совместную работу ЭПА и имитаторов элементов СЭП обеспечивает автоматизированная система контроля энергопреобразующей аппаратуры (АСК ЭПА). Данная система позволяет управлять процессом входных испытаний и предстартовой отработки силовой аппаратуры КА.

Для повышения надежности и безопасности работы АСК ЭПА в процессе испытаний необходимо осуществлять контроль изоляции основных токоведущих шин и кабелей. Информация о состоянии изоляции может также применяться для анализа технического состояния ЭПА и определения неисправностей, связанных со снижением сопротивления изоляции. Таким образом, возникает необходимость в создании средства для автоматизированного контроля изоляции в процессе испытаний.

Для решения данной задачи был разработан проект устройства контроля изоляции (УКИ), представляющего собой отдельную подсистему внутри контрольно-испытательной станции (КИС) из состава АСК ЭПА [3]. Данная подсистема должна обеспечивать выполнение следующих задач:

- Определение значений сопротивления изоляции общей шины питания СЭП в одном из трех диапазонов: 100 кОм, 1 МОм и 10 МОм;
- Определение значений сопротивления изоляции кабеля питания КИС;
- Автоматическая защита от опасного снижения сопротивления изоляции;
- Передача информации о состоянии изоляции кабелей на верхний уровень автоматизированной системы.

Способ определения значений сопротивления общей шины питания СЭП основан на алгоритме трех вольтметров, который требует измерений следующих величин: напряжения шины питания, напряжения положительной шины относительно «нуля» и напряжения отрицательной шины относительно «нуля». Далее на основе полученных значений производится расчет сопротивления изоляции.

Контроль изоляции кабеля питания КИС основан на измерении токов утечки при помощи датчика тока. Задачей УКИ является преобразование токового сигнала датчика, обнаружение заданной величины снижения сопротивления изоляции и формирование аварийного сигнала, посылаемого на средний уровень АСК и другим устройствам контроля и управления. Путем вычислений на основе измеренного тока утечки можно определить эквивалентное сопротивление изоляции.

Вся информация о состоянии УКИ и сопротивлении изоляции кабелей обрабатывается управляющим контроллером АСК. Далее эта информация поступает на верхний уровень автоматизированной системы, где располагается рабочее место оператора. УКИ позволяет оператору задать пороговые значения сопротивления изоляции обеих шин питания, при достижении которых будет происходить оповещение или аварийное отключение АСК. Все вычисления осуществляются внутри УКИ, что обеспечивает распределение задач в автоматизированной системе.

Принципиальными отличиями предлагаемого устройства от имеющихся решений являются:

- Получение численных значений сопротивлений изоляции как для однофазной сети постоянного напряжения, так и для трехфазной сети переменного напряжения;
- Возможность устанавливать различные пороги реагирования в зависимости от объекта, условий работы и задач;
- Высокая точность и широкий диапазон контролируемого сопротивления.

Применение УКИ в составе КИС позволит в автоматизированном режиме осуществлять контроль состояния изоляции и скорости ее деградации, а также обеспечить дополнительную защиту в процессе наземных испытаний. Результатом станет сокращение затрат рабочего времени, а также расширение области исследований и настройки ЭПА КА. Статья подготовлена в рамках выполнения работы FEWM-2023-0014.

Список используемых источников:

1. Юдинцев А.Г. Энергопреобразующие комплексы для наземной отработки и подтверждения прогнозируемой надёжности систем электропитания космических аппаратов // Доклады ТУСУРа. 2019. №3(22). С. 95-102.
2. Казанцев Ю.М., Кремзуков Ю.А. Автоматизированная система контроля энергопреобразующей аппаратуры СЭП КА // Известия томского политехнического университета. Энергетика. 2009. № 4. С. 138–141.
3. Шурыгин Ю.А., Мишин В.Н., Кремзуков Ю.А. Аппаратно-программный комплекс автоматизации процессов предстартовых испытаний систем энергообеспечения космических аппаратов // Доклады ТУСУРа. 2011. №2-1(24). С. 305-309.

## **Устройство управления мостовым каскадом в режиме фазовой ШИМ с подчиненным регулированием по пиковому значению тока**

Лукошин И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

В настоящее время активное развитие получают беспилотные летательные аппараты (БПЛА), конструкции квадрокоптер. К одному из направлений данной темы относятся привязные БПЛА, обеспечивающие мониторинг местности. Данный БПЛА требует питания с земли, для обеспечения постоянной работы. На борту энергия расходуется на электродвигатели, поддерживающие висение, на встроенный вычислитель, обрабатывающий данные и управляющий всем беспилотником, а также на навесное оборудование.

Основным параметром привязного БПЛА является высота, до которой он может подняться, что обеспечивает большее поле зрения для камер или больший радиус действия антенн, как следствие повышается качество связи. Достижение максимальной высоты ограничивает масса беспилотника, исходя из этого необходимо уменьшить массу провода, питающего БПЛА с земли, за счет увеличения напряжения. При этом необходимо понимать, что бортовая сеть имеет относительно низкое напряжение питания, порядка 24 В, а для значительного снижения массы провода необходимо переменное напряжения 230 В 50 Гц, как самое доступное на данный момент. Исходя из этого, на борт дополнительно устанавливается преобразователь напряжения, при этом нужно учитывать то, что масса преобразователя должна была ниже, чем уменьшенная масса провода, иначе данное усложнение конструкции нерационально.

При проектировании преобразователя необходимо определиться с его структурой, после проведенного анализа, как наиболее эффективная была выбрана мостовая схема, позволяющая обеспечивать управление различными алгоритмами. Из всех возможных алгоритмов, наиболее эффективным, обеспечивающим наибольший КПД, за счет переключения транзисторов в нуле напряжения, при этом дающих наименьшее количество помех, является режим фазовой ШИМ. Также стоит отметить, что фазовая ШИМ открывает все транзисторы на одинаковые промежутки времени, тем самым распределение потерь между ключами равномерное. Основной схемой преобразователя целесообразно использовать схему Царенко, на основе обратно-прямоходового трансформатора, она позволяет использовать меньший сглаживающий фильтр, за счет снижения импульсов тока. При этом при использовании двух дроссель-трансформаторов, коэффициент заполнения каждого не будет превышать 0,5, благодаря чему исключается режим тактовой неустойчивости преобразователя, т.к. этот режим возникает только при КЗ больше 0,5. Поскольку для привязного БПЛА критична лишняя масса, снижающая максимальную высоту полета, то необходимо конструктивно и схемотехнически учитывать данную особенность. Исходя из этого в преобразователе используется 8 дроссель-трансформаторов, благодаря чему улучшается теплоотвод, за счет увеличившейся площади охлаждения дроссель-трансформаторов. Необходимо отметить, что первичные обмотки данных дроссель-трансформаторов соединяются последовательно, а вторичные параллельно, что

решает проблему симметрирования дроссель-трансформаторов, поскольку по ним будет течь одинаковый ток, равномерно перемагничивая сердечник. Последовательное соединение первичных обмоток дает дополнительное деление напряжения на каждом отдельном дроссель-трансформаторе, за счет этого можно добиться одинакового количества витков на первичной обмотке и вторичной, благодаря чему существенно повышается коэффициент связи между обмотками, тем самым снижая потери, уменьшая массу радиаторов и увеличивая удельную мощность. При этом повышается технологичность изделия.

Микросхема UC1843 обеспечивает двухконтурную систему управления, внутренний контур по току, подчиняется выходному сигналу рассогласования внешнего контура по напряжению. Такая структура позволяет очень просто, без усложнений строить токовую защиту от аварийных перегрузок и коротких замыканий. Также UC1843 позволяет обеспечить автоматическое симметрирование в режимах перемагничивания сердечника силового дроссель-трансформатора. При этом данная микросхема, при прочих равных условиях позволяет расширить область устойчивой работы и улучшить качество переходных процессов при сбросе и набросе нагрузки. Для реализации фазовой ШИМ, необходимо применение относительно простой схемы на цифровых элементах, дополнительно к ШИМ контроллеру. Данные импульсы усиливаются драйвером с трансформаторной гальванической развязкой, исключая паразитные параметры и не требующий подпитки от БВН. Для питания УУ был разработан блок стабилизированного постоянного напряжения на основе маломощного, одноканального обратного преобразователя.

При разработке преобразователей необходимо учитывать не только схемотехнические особенности, но и конструктивные, т.к. именно конструкция определяет выбор структуры источника электроэнергии.

Список используемых источников:

1. Рошупкин Г.В., Шевцов Д.А., Калимуллин А.М., Методика расчета дроссель-трансформаторов для статических преобразователей. — Практическая силовая электроника, №1 (77), 2020, С. 22 — 27.
2. В.И. Мелешин Транзисторная преобразовательная техника Москва: Техносфера, 2005. — 632 с. ISBN 5-94836-051-2
3. Атабеков Г. И. А 92 Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: Учебное пособие. 7-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2009. — 592 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-0800-9
4. В. В. Крючков, Ю. Г. Следков Моделирование электронных устройств: учебное пособие. — Изд-во МАИ, 2007. — 84 с. : ил.; ISBN 5-7035-1821-0

## **Исследование процессов в трёхфазном преобразователе частоты со звеном постоянного тока, работающего в составе авиационных систем**

Максаковская А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Данилина А.Н.

МАИ, Москва

В самолетах, состав потребителей постоянного тока которых относительно мал, наиболее рациональным является использование СЭС переменного тока со стабильной частотой 400 Гц. Работа каналов генерирования этой СЭС может быть организована раздельная или параллельная. Особенностью системы является то, что в качестве источника питания первичной системы электропитания может использоваться бесконтактный трехступенчатый каскадный генератор ( $\Gamma\sim$ ). Его через привод постоянной частоты вращения (ППЧВ) приводит во вращение авиадвигатель (АД). Первичная и вторичная СЭС чаще всего для обеспечения резервирования подразделяются на две независимые подсистемы — левого и правого борта. Во вторичной СЭС количество каналов и структура передачи и распределения электроэнергии почти во всех случаях аналогичны первичной. Оборудование для регулирования и защиты каналов генерирования, а также блок коммутации шин выполнены на основе полупроводниковой элементной базы высокой степени интеграции.

К основному недостатку данной схемы можно отнести наличие ППЧВ, который является сложным агрегатом с точки зрения конструкции.

Системы электропитания переменного тока описываются с выгодной стороны следующими характеристиками:

- Меньшая масса. Повышенное напряжение и высокая скорость вращения электрических машин обуславливают меньшую массу сети и коммутационной аппаратуры;
- Более низкая (по сравнению с СЭС постоянного тока) удельная масса первичных и вторичных систем электроснабжения переменного тока;
- Простое преобразование переменного рода тока в переменный другого уровня напряжения и постоянный ток;
- Высокая надежность при работе на больших высотах.

У любой системы есть свои преимущества и недостатки. К недостаткам системы переменного тока стабилизированной частоты можно отнести:

- Трудности получения стабильной частоты, которая необходима для обеспечения питания потребителей переменного тока, чувствительных к постоянной частоте 400Гц. Для этого требуется либо привод-генератор (ГП) с постоянной частотой, либо статический преобразователь частоты;
- Сложности в организации параллельной работы (требуется управляющее оборудование повышенной точности и, как следствие, повышенной сложности);
- Усложнение систем передачи и распределения электроэнергии, оборудования для регулирования, защиты и управления.

Традиционная связка АД — ППЧВ — Г~ в составе СЭС ЛА переменного тока стабильной частоты может быть реализована с применением магнитоэлектрического генератора (МЭГ) и преобразователя частоты (ПЧ) со звеном постоянного тока. Применение МЭГ позволяет обеспечить большей мощностью (практически в 2 раза большей, чем ППЧВ и Г~) постоянно растущее число потребителей электроэнергии на борту ЛА. Также стоит отметить, что МЭГ + ПЧ обеспечивают высокий КПД=0,95, в то время как привод и генератор достигают значения 86%. При этом системы практически равны по своим массогабаритным параметрам.

Статический преобразователь энергии — это устройство, которое соединяет электрические системы, параметры которых отличаются, и позволяет изменять по заданному закону необходимые параметры, также обеспечивая обмен электроэнергией между системами, являющимися связанными между собой. Для обеспечения нагрузок напряжением требуемого качества ПЧ включаются в СЭС с повышенным уровнем электрификации. ПЧ, в конструкцию которого входит промежуточное звено постоянного тока, наиболее полно соответствует требованиям к авиационным системам. В данном устройстве реализуется двухэтапное преобразование напряжения. На первом этапе переменное напряжение сети преобразуется, проходя через звено постоянного тока, в постоянное напряжение, которое на втором этапе уже преобразуется мостовым коммутатором в трехфазное переменное напряжение ( $U_{ф}=115$  В и постоянной частотой 400 Гц) с качеством, соответствующим ГОСТ Р 54073-2017. В инверторном блоке постоянное напряжение сначала преобразуется в многоимпульсное, после чего сглаживается, проходя через силовой фильтр.

Проведенный сравнительный анализ режимов формирования напряжения доказывает преимущество режима ШИМ-СИН2 для реализации управления трёхфазным инвертором. Известно, что посредством трехфазного мостового коммутатора реализуются такие напряжения режима ШИМ-СИН2, число импульсов за период выходного синусоидального напряжения которых кратно числу три. Поэтому рассмотрены напряжения режима ШИМ-СИН2 при формировании  $p=24$  импульсов за период выходного напряжения. Режим ШИМ-СИН2 показывает лучший гармонический состав, так как убирает первые гармоники, наиболее сложные в фильтрации. У данного режима ( $p=24$ ) номер первой неисключённой гармоники  $N=22$ .

Также стоит отметить такие причины необходимости возврата избыточной электроэнергии (рекуперации), как возникновение аварийных режимов, наличие нагрузок двигательного типа и реактивных силовых элементов, широкий диапазон изменения нагрузок.

Список используемых источников:

1. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии / А. Крогерис, К. Рашевец, Л. Рутманис и др.; Под ред. А. Крогериса. — Рига: Зинатие, 1969. 531 с.
2. ГОСТ Р 54073-2017 Системы электроснабжения самолётов и вертолётов. Общие требования и нормы качества электроэнергии. — М.: Стандартинформ, 2017. — 35 с.
3. Данилина, А.Н. Методы повышения эффективности трехфазных транзисторных преобразователей частоты для систем электроснабжения летательных аппаратов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.09.03 / Данилина Анастасия Николаевна. — Москва, 2013. — 176 с.
4. Аверин, С.В., Крючков, В.В., Следков Ю.Г. Трехфазный транзисторный преобразователь частоты для систем электрооборудования летательных аппаратов / С. В. Аверин, В. В. Крючков, Ю. Г. Следков // Практическая силовая электроника — 2014 г. — № 56. — с.8 — 11.

### **Анализ факторов, определяющих влияние электромагнитного излучения на организм человека**

Маркова Е.Ю., Шабунина Е.В., Павлова Н.Е.

Научный руководитель — д.т.н. Орешина М.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время создается и широко внедряется новое оборудование, при работе которого распространяется электромагнитное поле, также развиваются системы автоматизации, использующие возможности технологий IoT, в частности и технологии 5G, предполагающие более высокие значения по интенсивности электромагнитного поля, поэтому определение параметров воздействия ЭМИ на человека и биологические организмы, выявление небезопасных режимов работы оборудования и разработка мер по безопасности является актуальной задачей. Характеристики электромагнитного излучения в основном определяются интенсивностью электрического поля, напряженностью магнитного поля, временем экспозиции (воздействия). Промышленное оборудование, ЭВМ, ЛЭП, мобильные устройства и сопутствующие устройства связи являются источниками неионизирующего электромагнитного излучения, которое при не высоких интенсивностях электромагнитных волн и малом времени воздействия на организм человека не наносит вред, эффект воздействия выражен лишь тепловой функцией.

Однако, неионизирующее излучение при повышенных уровня интенсивности и времени экспозиции может вызвать сбои в работе сердечно-сосудистой системы, обусловленные нарушениями в работе наносной функции сердца, вызывающее изменение ритма сердцебиения. Со стороны нервной системы человека также наблюдаются изменения, люди находящиеся длительное время в зоне ЭМИ могут почувствовать головокружение, возбудимость, состояние тревоги и дискомфорта.

При длительном воздействии ЭМИ подводимое тепло может вызвать сбой в работе нейронной функции головного мозга, повышается уровень возбуждения нейронов, при этом человек испытает раздражение.

В работе иммунной системы происходит снижение защитных функций организма, человек сильнее подвержен вирусной и бактериальной инфекции.

СВЧ-излучение в определенных диапазонах также негативно влияет на организм человека. Источниками ЭМИ СВЧ являются антенны, радары, генераторы. При высоких интенсивностях излучения наблюдаются ожоги, поражение кожного покрова, являющиеся следствием аварийных ситуаций и грубым нарушением техники безопасности.

При воздействии ЭМИ СВЧ наблюдается также поражение органов зрения, человек может получить ожог сетчатки глаза, а также может развиваться катаракта.

Анализ показал, что воздействие ЭМИ негативно влияет на организм человека поэтому необходимо использовать защитные металлические экраны, приводить диагностику и плановые ремонты оборудования, соблюдать технику безопасности на рабочих местах.

Список используемых источников:

1. Кириллов В.Ю. Стандарты и методы испытаний электромагнитной совместимости технических средств: Учебное пособие/ М.: Издательство МАИ, — 2006. — 68 с.
2. Орешина М.Н. Исследования воздействия электромагнитных излучений на организм человека / М.Н. Орешина, Е.Ю. Савенко — Известия Тульского государственного университета. Технические науки, №3, 2021, С.342-347.
3. Бутырин, П.А. Автоматизация физических исследований и эксперимента: Компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 (30 лекций) /П.А. Бутырин, Т.А. Васковская, В.В. Каратаев, С.В. Материкин — М.: ДМК Пресс, 2005, 264 с.
4. Oreshina M. N. Information technologies in the management of technical processes of agricultural enterprises / M.N. Oreshina, A.V. Badina, M.N. Belousova — Artificial Intelligence: Anthropogenic Nature vs. Social Origin, pp.829-834.

## **Векторное управление синхронным двигателем с постоянными магнитами**

Москаленко А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Журавлев С.В.

МАИ, Москва

Управление электромеханическими преобразователями электроэнергии может осуществляться скалярно и векторно. Первый способ заключается в поддержании на постоянном уровне соотношения  $U/f$  и характеризуется простотой использования и небольшим диапазоном регулирования скорости 1:10. Векторное управление обладает более высокой производительностью. Основной принцип — управление магнитным потоком ротора, т.е. положением вектора магнитного потока в пространстве, и, как следствие, регулирование электромагнитного момента двигателя; формирование гармонических токов фаз. Такому способу присуща высокая точность регулирования скорости, увеличенный диапазон управления — 1:200, повышение коэффициента полезного действия (КПД) электродвигателя.

Векторное управление реализуется линейными и нелинейными регуляторами момента. К группе первых относят полеориентированное управление, принцип которого основан на контроле момента и поля путем оперирования составляющими вектора тока статора, и прямое управление моментом с пространственной векторной модуляцией, суть которого в подборе и расчете положений векторов напряжений в пространстве и длительности их пребывания в зависимости от требуемого значения производной угла нагрузки, полученного на выходе регулятора момента. В методах нелинейного регулирования раздельное управление заменяется на непрерывное (гистерезисное), т.е. выбирается вектор напряжения для одновременного управления и моментом и потокосцеплением статора.

Синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) может использоваться как исполнительный механизм в системе привода воздушного винта летательного аппарата, обладая более высоким КПД, улучшенными массогабаритными показателями, увеличенным диапазоном регулирования частоты вращения по сравнению с асинхронным электродвигателем.

Задача данной работы — создание системы управления СДПМ, построенной на основе векторного регулирования как наиболее перспективном современном методе управления электроприводом, обеспечивающим лучшие рабочие характеристики двигателя, по сравнению с другими методами.

Реализация поставленной задачи осуществлена в среде Matlab-Simulink. Проведено моделирование работы электродвигателя вкупе с системой его управления.

Список используемых источников:

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводом: учебник для ВУЗов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2015. — 373 с.: ил.
3. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: Учеб. пособие. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. — 358 с.

3. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. — 368 с.
4. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика). ЭФО, 2013. 63 с.

## **Разработка устройства для автоматизации входного контроля химических источников тока**

Москаленко Н.В., Ковкин И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Юдинцев А.Г.

НИИ АЭМ ТУСУР, Томск

Одними из важнейших компонентов любого автономного устройства являются химические источники тока (ХИТ), обеспечивающие накопление электрической энергии. Они применяются в качестве вторичного источника питания, позволяя устройствам на протяжении определенного времени функционировать при отсутствии основных (первичных) источников в виде питающей сети. Совместно с энергопреобразующими элементами ХИТ образуют систему электропитания (СЭП) и во многом определяют надежность, стабильность и эксплуатационные характеристики устройств. Как и другие ответственные узлы электронной аппаратуры, источники тока необходимо проверять на исправность и соответствие своим номинальным характеристикам. В связи с этим возникает проблема оценки качества изделий путем исследования свойств и характеристик отдельных электронных узлов и компонентов в реальных условиях эксплуатации.

Для высокоточных устройств и систем особого назначения отклонение реальных значений параметров от расчетных может привести к серьезным нарушениям в их функционировании. Это также означает, что использование некачественных электронных компонентов повышает риски возникновения аварийных ситуаций, что ведет значительному материальному ущербу и создает угрозу для жизни и здоровья человека. Статистика отказов оборудования также свидетельствует о том, что основной причиной неисправностей являются некачественные комплектующие. Как правило, эти дефекты непредсказуемо проявляют себя в готовой продукции, что сказывается на ее надежности и технических показателях [1]. Входной контроль является дополнительной проверкой компонентов перед их использованием в производстве, при которой отслеживаются основные параметры, определяющие их работоспособность и надежность в целевом устройстве [2,3]. Для этого требуется разработать соответствующие средства и методы, позволяющие в автоматизированном режиме получать и анализировать основные электрические параметры ХИТ.

Для решения данной задачи был разработан программно-аппаратный комплекс, который позволяет фиксировать параметры разряда и заряда суперконденсаторов (СК) в течение продолжительного времени. Такой способ называется циклической вольтамперометрией и является одним из основных методов потенциодинамических электрохимических измерений в электрохимии. Данный комплекс предназначен для проведения входного контроля СК и отработки методов тестирования других ХИТ, в том числе аккумуляторных элементов в космических аппаратах.

Разработанное устройство представляет собой лабораторный прототип, в основе которого лежит микроконтроллер Arduino Nano. Получение значений напряжения тестируемых СК обеспечивается модулем 16-битного аналого-цифрового преобразователя ADS1115. Для контроля разряда ХИТ используется электронная нагрузка, благодаря которой регулирование тока осуществляется при помощи реостата. Заряд ХИТ происходит при помощи стабилизированного источника питания, построенного на микросхеме LM2596S.

Полученные в ходе измерений значения контролируемых величин отображаются на дисплее, расположенном в самом устройстве, а также передаются на персональный компьютер по интерфейсу UART. Переданные на компьютер пользователем данные экспортируются в Excel и представляются в виде графиков зависимости падения напряжения от времени. Данное решение является простым и наглядным способом отображения результатов измерений. Далее по полученным графикам путем несложных вычислений

можно определить фактическую емкость исследуемых ХИТ. Таким образом, для любого ХИТ при помощи разрабатываемого комплекса можно определить характер его заряда и разряда, вычислить электрическую емкость и сделать вывод о соответствии своему назначению в конкретном устройстве.

Для проведения эксперимента были выбраны СК разных моделей одинаковой емкости номиналом 50 Ф. Проведенные испытания показали, что реальные технические характеристики всех исследуемых СК отличаются от своих номинальных значений. Однако следует учитывать, что для каждой модели имеется определенный диапазон допустимых отклонений от указанного номинала, где находятся все действительные значения параметров исправных СК. В связи с этим несмотря на имеющиеся отклонения полученные в ходе эксперимента значения параметров СК попадают в указанный диапазон и могут считаться допустимыми.

Входной контроль комплектующих и материалов позволит производителям радиоэлектронной аппаратуры выявить их недостатки и заранее принять необходимые меры для повышения надежности компонентов еще до возможного отказа устройств. Поэтому особенно важно производить входной контроль для оборудования высокой надежности, в том числе для элементов СЭП. Применение разработанного устройства позволит сократить затраты рабочего времени на проведение входного контроля и снизить риск выхода из строя СЭП, построенных на ХИТ, прошедших допусковой контроль. Статья подготовлена в рамках выполнения работы FEWM-2023-0014.

Список используемых источников:

1. Медведев А. М., Васильев Ф. В., Сокольский М. Л. Диагностический контроль электрических соединений в авионике // Практическая силовая электроника. 2013. № 1. С. 42-44.
2. Бесецкий А. В., Емельянов В. В, Озеров А. И. Входной контроль и сертификационные испытания интегральных схем запоминающих устройств иностранного производства для комплектования космических аппаратов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2008. С. 123-125.
3. Ванцов С. В., Медведев А.М. Надежность входного контроля // Надежность и качество сложных систем. 2015. № 4. С. 91-100.

## **Влияние паразитных параметров драйвера с трансформаторной гальванической развязкой на процессы переключения силового транзисторного ключа**

Подгузова М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

Неотъемлемой частью любого импульсного устройства преобразования или регулирования электроэнергии является силовой преобразовательный каскад, алгоритм управления работы которого задаёт несильное маломощное устройство управления. Для улучшения удельных массоэнергетических показателей устройств преобразования электроэнергии их регулирующие элементы должны работать в ключевом режиме на достаточно высокой частоте переключения с относительно малыми динамическими потерями. Для связи маломощного устройства управления с силовыми транзисторными ключами (СТК) преобразовательного каскада, предназначены специальные электронный устройства, называемые драйверами.

К драйверам предъявляются следующие технические требования: высокое быстродействие, наличие гальванической развязки, формирование относительно больших выходных импульсных токов, малое выходное внутреннее сопротивление, устойчивость к эффекту  $du/dt$ , устойчивость к электромагнитным помехам, сохранение работоспособности при наличии неизбежных «паразитных» параметров, сохранять возможность работы при

коэффициенте заполнения (КЗ) от 0 до 1, низкое энергопотребление, способность управлять одиночным верхним или нижним СТК, и так же и СТК в мостовых и полумостовых схемах.

Типы узлов гальванической развязки (УГР), применяемые в драйверах: оптронная развязка; трансформаторная развязка; конденсаторная развязка; пьезотрансформаторная развязка.

Достоинства оптронной развязки является простота и низкая себестоимость. К недостаткам можно отнести относительно невысокую надежность оптронов, сравнительно узкий диапазон рабочих температур, высокая чувствительность оптронов к специальным воздействиям.

К достоинствам трансформаторной гальванической развязки можно отнести высокую надежность, широкий температурный диапазон работы, возможность обеспечить высокий потенциальный уровень гальванической развязки (могут обеспечить высокое напряжение изоляции между первичной и вторичной стороной драйвера). А к недостаткам — низкая технологичность изготовления моточных элементов, наличие неизбежной паразитной индуктивности рассеяния обмоток трансформатора, плоха возможность миниатюризации трансформатора гальванической развязки, относительно высокая сложность схемы драйвера.

Конденсаторная гальваническая развязка хорошо поддается миниатюризации, при этом можно обеспечить высокий потенциальный уровень гальванической развязки, имеет широкий температурный диапазон работы и невысокую чувствительность к внешним электромагнитным помехам. Недостатками являются относительная сложность схемы драйвера, необходимость поиска и исследований технических решений, исключающих негативное влияние  $du/dt$  на процессы переключения драйвера и СТК.

В настоящее время драйверы с пьезотрансформаторная гальванической развязкой серийно не выпускают и находятся на этапе научных и экспериментальных исследований, поэтому пока достаточно трудно, в полной мере, судить об их достоинствах и недостатках.

Основными проблемами построения драйвера любого типа с любым видом гальванической развязки является устранения неизбежных паразитных параметров, оказывающих существенное негативное влияние на процессы переключения СТК.

Одним из основных паразитных параметров в драйвере любого типа является проходная ёмкость (ёмкость между входом и выходом УГР). Наличие этой ёмкости из-за эффекта  $du/dt$  при переключении СТК приводит к протеканию больших импульсных токов через неё, а это в свою очередь может вызвать ложные, многократные переключения СТК. В результате этого могут возникнуть аварийные режимы приводящие к выходу из строя как СТК, так и всего устройства.

Другой проблемой проектирование драйверов любого типа является возможность ложного отпириания СТК, вызванная высоким значением  $du/dt$ , как при работе одиночного ключа, так и при работе в полумостовых схемах. Данный эффект обусловлен наличием паразитной межэлектродной ёмкости затвор-сток (ёмкость Миллера). Это может привести к возникновению аварийный сквозных токов. Для исключения такого режима драйвер любого типа должен обеспечивать очень низкое выходное сопротивление в состоянии запириания СТК. Кроме того, наличие ёмкости Миллера может привести к возникновению высокочастотных паразитных автоколебаний в СТК и, как следствие, к его выходу из строя.

Ещё одной проблемой проектирования драйвера с трансформаторной гальванической развязкой, является неизбежная индуктивность рассеяния его обмоток. Эта индуктивность может приводить к возникновению высокочастотных паразитных колебаний на затворе СТК, что вызывает увеличение динамических потерь и кроме того может вызвать недопустимые перенапряжения на затворе, что приведет к выходу СТК из строя.

Таким образом, задача проектирования драйверов заключается в поиске, разработке, исследовании таких структурных и схмотехнических решений, которые исключают негативное влияние неизбежных паразитных параметров на процессы переключения драйвера и СТК и обеспечивают его надежную работоспособность во всех допустимых режимах.

Список используемых источников:

1. Е.В. Машуков, Д.А. Шевцов Влияние межэлектродных емкостей полупроводниковых схем согласования уровня на процессы переключения выходных транзисторов ШИМ регуляторов. // Транзисторные устройства распределения, преобразования и регулирования электроэнергии : тем. сб. науч. тр. –М.:ЭКОН, 1999, с. 49-53
2. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. — М.:Издательский дом Додэка-XXI», 2001. — 384с.
3. Daniil Shevtsov, Yevgeniy Mashukov, Sergey Averin, Vasily Kryuchkov “ELECTRIC MOTOR REGULATORS DEVELOPMENT WITH THE ENHANCED QUALITY DRIVERS” International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS), Date of Conference: 21-25 Oct. 2019, Date Added to IEEE Xplore: 06 January 2020. Pp. 90-93.

## **Разработка и испытание однопроводной линии передачи цифровых состояний в реальном времени**

Поливцев А.Д., Гордеева Д.А.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

В процессе решения инженерных задач нередко возникает необходимость передачи в реальном времени дискретных значений того или иного параметра с помощью электрического сигнала по одному проводу. Подобная необходимость может возникать при создании устройств робототехники и автоматики, а также в системах индикации в условиях, когда количество проводов для передачи информации между блоками по какой-либо причине ограничено.

Данная задача отчасти может быть решена с использованием стандартных протоколов последовательной передачи данных с известной скоростью, таких как OneWire или UART, однако в данном случае на передающей и приёмной стороне необходимо устанавливать микроконтроллеры, обрабатывающие данные протоколы, а также при передаче данных неизбежно будет возникать задержка. Снизить величину задержки до достаточно малых значений можно применением ЦАП и АЦП, то есть на передающей стороне формировать уровни аналогового сигнала и обратно преобразовывать данные уровни на приёмной стороне в цифровой код. Однако для работы АЦП и ЦАП также необходимы микроконтроллеры либо, как минимум, тактовые генераторы, что усложняет схемотехнику на приёмной и передающей стороне.

В случае, когда управляющих команд сравнительно немного, систему можно упростить, формируя АЦП и ЦАП на основе логических микросхем, не требующих тактирования.

В работе рассматривается система, передающая по подобной линии восемь состояний. При этом в качестве ЦАП предлагается комбинация дешифратора и микросхем «логическое «и»», а АЦП построен на компараторах и микросхемах «логическое «исключающее или»». Данное решение позволяет передавать данные в реальном времени, не требует внешних тактовых генераторов, микроконтроллеров и иных специализированных микросхем.

Данное схемотехническое решение было выполнено в виде прототипа на реальной элементной базе, после чего были проведены эксперименты, позволяющие оценить устойчивость данной системы к различным факторам, таким как длина линии связи, наличие вблизи линии связи источников электромагнитных помех и наличие помех по цепям питания. Также были оценены динамические характеристики системы.

Список используемых источников:

1. Ионов А.Д., Попов Б.В., Линии связи, М., Радио и связь, 1990;
2. Ксенофонтов А.А., Портнов Э.Л., Направляющие системы в электросвязи, М., 2009;
3. Нестеров Е.В., Кондратенко Т.В., Кузнецов А.В., Анализ влияния импульсных помех на кабели связи в сетях передачи данных с коммутацией пакетов, Научный результат. Информационные технологии. Т.5., №1, 2020.

4. Сташенко В.Б., Школа схемотехнического проектирования устройств обработки сигналов. Компоненты и технологии., №3, 4, 2000;

5. Науман Г, Майлинг В., Щербина А., Стандартные интерфейсы для измерительной техники. Пер. с немецкого Бондаревского А.С., М., МИР, 1982.

### **Использование основ системного анализа при определении негативного влияния электромагнитного излучения на организм человека**

Шабунина Е.В., Маркова Е.Ю., Павлова Н.Е.

Научный руководитель — д.т.н. Орешина М.Н.

МАИ, Москва

Системные исследования базируются на использовании методов описания, изучения, конструирования и управления сложными системами, определение класса систем, введение понятия структуры и правил ее формирования, применения аппарата исследования операций. При этом в исследовании операций используются методы математического программирования, имитационного моделирования систем, случайных процессов, математической статистики.

Влияние электромагнитного излучения на организм человека, как сложную систему, целесообразно рассматривать с использованием общих принципов исследований на основе системного подхода, заключающегося в рассмотрении системы как единого целого, с определением общих характеристик системы при воздействии внешних факторов, с последующим делением системы на составные части (подсистемы), взаимосвязанные между собой и определением функциональных связей между подсистемами. В дальнейшем степень детализации подсистем на отдельные составляющие определяется целями и задачами исследования. Анализ, литературных источников показал, что организм человека, как сложную систему, можно представить в виде следующих основных подсистем: кровеносной, которая состоит из сердца и кровеносных сосудов, опорно-двигательной, состоящей из скелета и мышц, дыхательной, образованной легкими и воздухоносными путями, нервной, в состав которой входит головной и спинной мозг, нервы, пищеварительной, состоящей из ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, кишечника, печени. Нервная составляющая осуществляет регуляцию функций организма и его связь с внешней средой. Кровеносная составляющая выполняет транспорт крови и защитные функции организма. Пищеварительная составляющая обеспечивает переваривание пищи и всасывание питательных веществ. Опорно-двигательный блок выполняет опорную, двигательную и защитную функции. Органы дыхания обеспечивают газообмен и насыщение организма человека кислородом.

Проведенные исследования показали, что при воздействии неионизирующего электромагнитного излучения радиочастотного диапазона низких значений интенсивности на организм в целом наблюдается повышенная утомляемость, слабость, ослабление защитных организма. При этом наблюдаются дисфункции со стороны всех выделенных подсистем. Детальное изучение воздействия электромагнитного излучения на подсистемы обусловлено характером протекания заболеваний и прогнозированием выявления патологий и изменений в органах и тканях человека. Исследования, основанные на методах математического прогнозирования, позволяют выявить опасные диапазоны вредных воздействий на организм человека, прогнозировать продолжительность жизни человека и выявлять факторы, повышающие качество жизни людей.

Список используемых источников:

1. Кириллов В.Ю. Стандарты и методы испытаний электромагнитной совместимости технических средств: Учебное пособие/ М.: Издательство МАИ, 2006. 68 с.

2. Орешина М.Н. Исследования воздействия электромагнитных излучений на организм человека / М.Н. Орешина, Е.Ю. Савенко — Известия Тульского государственного университета. Технические науки, №3, 2021, С. 342-347.

3. Кириллов В.Ю. Модельные и стендовые испытания технических систем с использованием IT- технологий / В.Ю. Кириллов, М.Н. Орешина — Материалы III-го Международного научного форума «Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: SMART NATIONS: Экономика цифрового равенства, 2020 — С.225-230

4. Oreshina M. N. Information technologies in the management of technical processes of agricultural enterprises / M.N. Oreshina, A.V. Badina, M.N. Belousova — Artificial Intelligence: Anthropogenic Nature vs. Social Origin, pp.829-834.

### **Особенности выбора материалов для создания СВЧ устройств на основе микросистемной техники для систем радиолокации и связи нового поколения**

Шевнин Н.А.

Научный руководитель — Дрягин И.О.

МАИ, Москва

Выбор материалов для создания микросистемных СВЧ устройств для систем радиолокации и связи нового поколения имеет ключевое значение для обеспечения их производительности и надежности. На общие характеристики любого СВЧ устройства влияет 3 группы факторов: на основе выбора конструкции, технологии и материалов. Главными компонентами любого СВЧ устройства являются: подложка, проводящие линии, диэлектрик, подвижные электроды. В рамках данного анализа рассмотрены некоторые из основных характеристик, которые необходимо учитывать при выборе материалов для этих устройств, следующие:

**Высокая диэлектрическая проницаемость:** при выборе СВЧ устройств на основе микросистемной техники, работающих по принципу изменения ёмкости в различных состояниях устройства наиболее значимым фактором будет являться отношение емкостей в различных состояниях устройства, что требует использования high-k диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью, таких как диоксид гафния.

**Высокая термическая стабильность:** устройства СВЧ работают на высоких частотах, которые могут генерировать значительное количество тепла. Материалы, используемые в устройстве, должны быть способны выдерживать высокие температуры без деградации или потери своих свойств. Для СВЧ-устройств в качестве проводящих линий или подвижных элементов рекомендуется использовать материалы с высокой температурой плавления и низким коэффициентом теплового расширения, например, керамические материалы.

**Высокая электропроводность:** электропроводность материалов, используемых в устройстве, может оказать значительное влияние на его работу. Материалы с высокой электропроводностью, такие как медь или алюминий, могут помочь уменьшить потери сигнала и улучшить его распространение в СВЧ-устройствах.

**Низкий тангенс угла потерь:** тангенс угла потерь материалов, используемых в устройстве, является еще одним важным фактором, который необходимо учитывать, поскольку он может вызвать затухание сигнала и снизить эффективность устройства. Материалы с низким тангенсом угла потерь, такие как сапфир и арсенид галлия для улучшения характеристик, а кремний для интеграции устройств на одном кристалле, целесообразно применять в СВЧ-устройствах.

**Механические свойства:** механические свойства материалов, используемых в устройстве, играют важную роль в обеспечении его долговечности и устойчивости к механическим нагрузкам. Для СВЧ-устройств желательно использовать материалы с высокой прочностью, вязкостью, устойчивостью к коррозии и износу, такие как титан и алюминий.

**Совместимость при изготовлении:** материалы, используемые в устройстве, должны быть совместимы с технологиями изготовления, применяемыми для производства устройства. Например, некоторые материалы могут с трудом поддаваться механической обработке или травлению, что может ограничить их использование в определенных типах устройств.

Стоимость: стоимость материалов, используемых в устройстве, также является важным фактором, который необходимо учитывать. Хотя высокоэффективные материалы могут обладать превосходными свойствами, они также могут быть более дорогими, что может ограничить их использование в некоторых случаях, например при формировании переключающих компонентов СВЧ МЭМС переключателя.

Подводя итог, можно сказать, что выбор материалов для микросистемных СВЧ-устройств для систем радиолокации и связи следующего поколения должен основываться на их низких диэлектрических потерях, высокой термической стабильности, высокой электропроводности, низком тангенсе угла потерь, механических свойствах, совместимости с производством и стоимости. При тщательном выборе материалов, отвечающих этим требованиям, можно создать устройства, обеспечивающие высокую производительность, надежность и долговечность в СВЧ-приложениях.

Список используемых источников:

1. Gabriel M. Rebeiz RF MEMS: Theory, Design, and Technology. — John Wiley & Sons, Inc., 2003. — 512 с.
2. Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия В 2-х книгах Книга 1. — 3-е изд., исправленное — М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 782 с.
3. Andrey M. Belevtsev, Irina K. Epaneshnikova, Ivan O. Dryagin, Vasily L. Kryuchkov, Vladimir F. Lukichev, Anton S. Boldyreff Material selection methodology for RF MEMS switch design // Proceedings Volume 11914, SPIE Future Sensing Technologies. — Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), 2021

## **Секция №3.6 Прикладная сверхпроводимость**

---

### **Численный анализ динамики электронов в градиентном магнитном поле**

Александров Д.А., Мартиросян И.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Руднев И.А.

МИФИ, Москва

Спектроскопия Лоренца является многообещающим методом исследования магнитных структур. Например, этот метод был использован для исследования скирмионов в FeGe [1], спинового расщепленного поверхностного состояния гадолиния [2] и фазовых доменных стенок в антиферромагнитном монослое железа [3].

Данное исследование направлено на моделирование спектроскопии Лоренца в программе Comsol Multiphysics и изучение возможности изучения магнитных структур с помощью метода, предложенного в параллельном экспериментальном исследовании. В нем с помощью электронного микроскопа были получены изображения, отражающие пространственное распределение магнитного поля трех постоянных магнитов — куб, кольцо и диск (фотографии предоставлены Грибковым М.В). Вертикальная компонента индукции магнитного поля этих магнитов была в дальнейшем измерена методом сканирующей холловской магнитометрии.

В данной работе представлен метод согласования распределения магнитных полей реальных магнитов и смоделированных магнитов. Она включает в себя построение поверхностей вертикальной компоненты индукции магнитного поля из экспериментальных данных и для смоделированных магнитов, и дальнейшее их согласование путем изменения параметров в модели. Была разработана модель для

исследования динамики заряженных частиц в магнитном поле. С использованием модели, были рассчитаны траектории электронов (с начальной энергией 50 эВ) в поле каждого из описанных выше магнитов. Полученные пространственные распределения электронов коррелируют с СЭМ изображениями магнитов и по ним можно судить о пространственном распределении магнитного поля.

Список используемых источников:

1. Atomic spin structure of antiferromagnetic domain walls / Bode Matthias, Vedmedenko E., von Bergmann Kirsten, Kubetzka Andre, Ferriani P, Heinze S, and Wiesendanger Roland // Nature materials. — 2006. — 06. — Vol. 5. — P. 477–481.
2. A low-temperature ultrahigh vacuum scanning tunneling microscope with a split-coil magnet and a rotary motion stepper motor for high spatial resolution studies of surface magnetism / Pietzsch Ol, Kubetzka A, Haude D, Bode M, and Wiesendanger R // Review of Scientific Instruments. — 2000. — Vol. 71, no. 2. — P. 424–430.
3. Lorentz electron ptychography for imaging magnetic textures beyond the diffraction limit / Chen Zhen, Turgut Emrah, Jiang Yi, Nguyen Kayla X, Stolt Matthew J, Jin Song, Ralph Daniel C, Fuchs Gregory D, and Muller David A // Nature Nanotechnology. — 2022. — P. 1–6.

### **Разработка системы электроснабжения в среде Matlab/Simulink с целью верификации методик расчета и их проектирования**

Ахунов М.Т.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Иванов Н.С.

МАИ, Москва

Современные прикладные программные продукты, основанные на различных математических методах, позволяют проводить анализ систем различного уровня с различной степенью детализации. Однако, даже при наличии данной технической возможности, анализ и тем более оптимизация СЭС ЛА является крайне сложной задачей. Это обуславливается как большим количеством элементов системы, так и их нелинейностью. Упрощение моделей элементов и подсистем ведет к снижению точности,

что может привести, в некоторых случаях, к неадекватным результатам моделирования. Использование моделей высокой точности, таких как SPICE-модели и КЭ модели, приводит к существенному увеличению времени расчета и возможности появления ошибок при проектировании.

Все многообразие задач, решаемых при проектировании и эксплуатации систем электроснабжении летательный аппаратов в основе методов математического моделирования, можно условно разделить на две большие группы:

- Анализ режимов;
- Оптимизация;

Поэтому разработка модели канала генерирования СЭС для анализа режимов работы, оптимизации и проектирования систем СЭС является актуальной научно-технической задачей

В состав системы войдут: ВТСП генератор, полупроводниковый выпрямитель с функцией корректора коэффициента мощности и криогенным охлаждением, ВТСП кабель постоянного тока, система накопления энергии, система криогенного обеспечения. В качестве основного нормативного документа при разработке системы использовался ГОСТ Р 54073-2017 «Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии». При этом учитывались требования к системам электроснабжения постоянного тока напряжением 270В.

Особенности системы:

- Выходная мощность — до 100 кВт;
- Температура ВТСП устройств — не выше 77 К, что соответствует температуре жидкого азота и позволяет быстро и с минимальными затратами проводить лабораторные эксперименты;
- Выходное напряжение системы — 540 В, что соответствует уровню напряжения перспективных систем электроснабжения и электродвижения летательных аппаратов и других транспортных средств;
- Выходное напряжение системы стабилизировано выпрямителем, который является повышающим, т.е. напряжение на его входе может изменяться в широком диапазоне;
- Тип криосистемы — открытого типа с циркуляцией азота;
- Использование выпрямителя (корректора коэффициента мощности) с криогенным охлаждением.

Результатом выполнения работы являются следующие полученные выводы:

Разработана структурная схема демонстратора системы. Предложенная структура представляет собой сверхпроводниковый канал генерирования постоянного тока 540В, который является перспективным для систем электроснабжения и электродвижения большой мощности.

Разработаны модели основных узлов демонстратора системы. Предложенная структура представляет собой модель канала генерирования постоянного тока, который является перспективным для систем электроснабжения и электродвижения большой мощности.

Разработана структурная схема демонстратора системы. Предложенная структура представляет собой канал генерирования постоянного тока, который является перспективным для систем электроснабжения и электродвижения большой мощности.

Выполнено создание модели и моделирование ВТСП генератора мощность 90 кВА с учетом выполненных расчетов конечно-элементного анализа с целью определения рациональной геометрии активной зоны

Выполнено создание модели и моделирование ККМ, предназначенного для работы в составе перспективной СЭС. С четом заранее выбранной структуры, в которой, прежде всего учитывался параметр, влияющий на потери в ВТСП обмотках генератора: коэффициент гармоник. Выбранная схема обеспечивает наименьшее значение данного показателя. Недостатком выбранной структуры является необходимость реализации достаточно сложной схемы управления силовыми транзисторными ключами, но с учетом современных

возможностей электронной элементной базы, данный недостаток не является определяющим.

Выполнено моделирование системы накопления энергии на основании проведенного анализа и оптимизации структуры. Система, представляющая собой два практически идентичных модуля с номинальным выходным напряжением 240 В у каждого модуля. Выбрана элементная база и разработаны режимы работы накопителя. Согласно расчетам, система накопления энергии способна обеспечить мощность 28 кВт в течение 15 минут.

Список используемых источников:

1. Kovalev K.L. Development of the fundamentals of calculation and principles of construction of energy systems based on the effect of superconductivity. Project report of the Moscow Aviation Institute, 2021 (intermediate stage 2) — 583 p.
2. Obukhov S.G. Mathematical modeling in power supply systems: textbook / Tomsk Polytechnic University. — Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2014. — 84 p.
3. Kron G. Investigation of complex systems in parts — diacoptics / Kron G. — М.: Nauka, 1972. — 542 p.

### **Перспективы использования высокотемпературных сверхпроводниковых генераторов в составе энергоустановки космического аппарата**

Ильин В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Моржухина А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время ведущие научные центры мира работают над интеграцией сверхпроводниковых электрических машин в состав промышленных установок, наземного транспорта, морских и воздушных судов. Сверхпроводниковые машины имеют такие достоинства, как более высокий коэффициент полезного действия, значительно улучшенные массогабаритные параметры, меньшие значения индуктивных параметров. Использование таких машин в космических системах представляет особый интерес, и подобного рода работы уже активно ведутся.

В данной работе рассматриваются различные варианты принципиальной схемы энергоустановки космического аппарата на основе эффекта сверхпроводимости. Основными элементами данной схемы являются источник энергии, преобразователь энергии и сверхпроводниковый генератор. Первичным источником энергии может являться Солнце, излучение которого собирается при помощи концентратора солнечной энергии, а также радиоизотопный или ядерный реактор. Полученное тепло преобразовывается посредством термодинамического цикла во вращательную работу двигателя, который приводит в движение ротор генератора. В качестве термодинамических циклов рассмотрены циклы Брайтона, Ренкина и Стирлинга. В генераторе используются высокотемпературные сверхпроводники, то есть переход в сверхпроводящее состояние происходит при относительно высоких температурах, каковыми обычно считаются температуры выше точки кипения азота. Использование подобной энергоустановки на борту космического аппарата представляется более выгодным с точки зрения эффективности по сравнению с существующими системами энергообеспечения. В качестве целевых аппаратов рекомендуется использовать долговременные орбитальные станции с большим энергопотреблением.

В результате проведенного анализа даны рекомендации по рациональному выбору состава подобной энергоустановки, приведены преимущества и недостатки различных схемных решений, озвучены направления дальнейших исследований по проблемным вопросам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № FSFF-2023-0007.

Список используемых источников:

1. Квасников Л.А., Латышев Л.А., Пономарев-Степной Н.Н., Севрук Д.Д., Тихонов В.Б. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов. Изд. второе, перераб. и доп. М.: Изд-во МАИ, 2001. 480 с.: ил.
2. Пенкин В.Т., Ковалев К.Л. Синхронные электрические машины с композитными и объемными сверхпроводниками в роторе для транспортных систем. М.: Изд-во МАИ, 2018. — 216 с.

### **Расчет высокотемпературных сверхпроводниковых электрических машин с высокой удельной мощностью**

Кадеров В.А., Малевич Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Иванов Н.С.  
МАИ, Москва

Электрические машины являются ключевым компонентом электроэнергетики и широко используются в производстве промышленных сооружений, транспортных систем и т.д. С прогрессом мировой индустриализации и урбанизации спрос на электроэнергию быстро растет, что оказывает негативное воздействие на глобальную окружающую среду из-за потребления природных ресурсов, таких как углеводородное топливо. Таким образом, сегодня, эффективность электромеханического преобразования энергии и эффективность использования энергии электрическими машинами приобретают большее значение чем когда-либо. Существующие технологии электрических машин удовлетворяют требованиям развития электромобилей, но они не могут обеспечить требуемую мощность для создания полностью электрических самолетов и морских судов. Сверхпроводниковые машины, характеризующиеся высокой удельной мощностью, открывают путь к транспортным и энергетическим системам с нулевым уровнем выбросов. Но для перехода на сверхпроводниковые машины требуется создать подходы к проектированию, которые должны включать в себя учет потерь при переменном токе и расчет критических параметров высокотемпературной сверхпроводниковой (ВТСП) ленты.

В работе представлен метод расчета и определения удельной мощности полностью ВТСП машины с учетом полевой зависимости сверхпроводниковой ленты с применением конечно-элементного моделирования в среде Ansys Maxwell. В рамках этой работы рассматривается электрическая машина с ВТСП обмотками на роторе и статоре. В качестве хладагента предполагается использовать водород при температуре 20К, что позволит обеспечить высокую токонесущую способность ВТСП ленты. С помощью конечно-элементного моделирования проведен параметрический анализ, цель которого заключалась в достижении наибольшей удельной мощности. Расчет удельной мощности происходил с учетом масс всех составляющих элементов и учетом механических ограничений, таких как максимальная скорость ротора.

В результате исследования отработан метод, позволяющий выбирать геометрические размеры активной зоны машины с учетом полевой зависимости ВТСП ленты.

### **Разработка математической модели сверхпроводящей обмотки возбуждения синхронной электрической машины в MatLab/Simulink**

Кузнецов Б.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Соловьев И.И.

С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск

В работающей криогенной синхронной электрической машине сверхпроводниковая обмотка возбуждения под воздействием взаимозависимых переменных факторов (температуры проводников обмотки, собственного тока обмотки, внешнего магнитного поля, угла воздействия внешнего магнитного поля) может переходить из сверхпроводящего состояния в несверхпроводящее. Температура проводников обмотки зависит от температуры хладагента и собственного тока (ток в несверхпроводящих слоях проводников обмотки).

Сила и направление воздействия магнитного поля на обмотку внутри электрической машины зависит от собственного тока, количества и расположения соседних витков обмотки, рабочего тока статорной обмотки машины, угла отклонения статора от поля ротора. При изготовлении замкнутой сверхпроводящей обмотки её концы должны соединяться с минимизацией переходного контактного сопротивления, которое сложно исключить и необходимо учитывать при работе обмотки. Другой проблемой является процесс поддержания тока на требуемом уровне при работе машины [1].

В программном комплексе MatLab/Simulink разработана математическая модель сверхпроводящей замкнутой обмотки, включающей в себя рабочую часть обмотки, сверхпроводящий «мост», необходимый для наведения тока возбуждения, контактное сопротивление в месте спая и цепь с источником ЭДС для наведения тока возбуждения. Переключение между сверхпроводящим и несверхпроводящим состоянием отдельно для обмотки и для её сверхпроводящего моста, который выводится из сверхпроводящего состояния во время наведения тока, регулируется дополнительными подсистемами. Подсистемы расчёта состояния сверхпроводимости включают в себя систему расчёта температуры ленты, систему расчёта собственного магнитного поля витков, систему расчёта изменения сопротивления медных и серебряных слоёв при охлаждении и набор четырёхмерных зависимостей, построенных на основе экспериментальных данных [2].

Зависимости обеспечивают расчёт состояния сверхпроводимости на основе данных о магнитном поле, угле его воздействия, температуре и токе сверхпроводящей ленты. При этом влияние каждого из перечисленных параметров на состояние сверхпроводимости зависит от значения остальных. В связи с этим влияние параметров не может рассматриваться по-отдельности и смоделировано в виде зависимости 3-D Lookup Table.

Модель позволяет производить моделирование различных режимов работы сверхпроводящих замкнутых обмоток возбуждения в электрических машинах, процесс поддержания тока возбуждения посредством внешнего источника питания, процесс нагревания и охлаждения сверхпроводящего «моста». Параметры модели представлены в виде переменных, что даёт возможность моделировать обмотки с необходимыми параметрами среды, количеством витков, температурой хладагента и др. В дальнейшем модель будет использована для проектирования комплексной модели генератора со сверхпроводящими обмотками возбуждения.

Список используемых источников:

1. Kuznetsov, B. F. Investigation of superconducting closed winding parametric dependences on contact resistance / B. F. Kuznetsov, I. I. Solovev, E. A. Pavlovich // Proceedings of the 2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2022 : 4, Moscow, March 17-19, 2022. — Moscow, 2022. — DOI 10.1109/REEPE53907.2022.9731483.

2. Development and large volume production of extremely high current density YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> superconducting wires for fusion / A. Molodyk, S. Samoilenkov, A. Markelov [et al.] // Scientific Reports. — 2021. — Vol. 11, No. 1. — P. 2084. — DOI 10.1038/s41598-021-81559-z.

## **Разработка индукторного генератора со сверхпроводниковой обмоткой возбуждения для кинетического накопителя энергии**

Кущенко Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Курбатова Е.П.

НИУ МЭИ, Москва

Создание эффективных и надежных систем хранения остается актуальной задачей современной энергетики. Традиционные накопители энергии, такие как аккумуляторные батареи, имеют ряд недостатков, связанных с экологическими аспектами, сроком службы, зависящем от количества циклов заряда/разряда, а также с ограниченным значением глубины разряда.

Рассматриваемый в докладе кинетический накопитель относится к механическому типу, в которой электрическая энергия запасается в форме механической энергии вращающейся инерционной массы — маховика. Несмотря на то, что механические накопители энергии известны давно и привлекают своей простоты и экологичности, они не находили широкого применения по причине своей неэффективности. Скорость потери запасенной энергии у механических накопителей существенно больше, чем у накопителей электрической или электромагнитной энергии

С развитием сверхпроводниковых материалов появилась возможность создать высокоэффективный кинетический накопитель энергии, потери энергии в которых существенно снижены за счет применения ВТСП устройств — магнитного и сверхпроводникового генератора. Особенностью такого накопителя является возможность быстрой отдачи больших мощностей, что может быть использовано для сглаживания быстрых колебаний мощности в сети или для зарядки эклектического транспорта. Также, кинетический накопитель способен работать параллельно с аккумуляторными батареями, тем самым уменьшая их частоту неэффективного разряда и увеличивая срок службы.

В рассматриваемой конструкции в качестве генератора используется индукторная машина с ВТСП обмоткой возбуждения. Такая конструкция позволяет разместить обмотку возбуждения и обмотку якоря на неподвижной части, благодаря чему проще спроектировать систему охлаждения и сами ВТСП обмотки. Кроме того, ротор генератора является частью маховика, благодаря чему конструкция накопителя становится компактнее, однако при этом повышаются требования к механической прочности. Для кинетических накопителей энергии с высокими скоростями вращения (10 000 об/мин и более) применение индукторных машин, отличающиеся простотой и прочностью ротора, выглядит перспективно, несмотря на пониженные по сравнению с обычными синхронными машинами значения электромагнитного момента, определяющего КПД при преобразовании механической энергии в электрическую. Использование сверхпроводниковой обмотки возбуждения повышает эффективность индукторных машин, позволяя достигнуть высокой удельной мощности в небольших габаритах. В дополнении уменьшаются электрические потери в обмотке возбуждения.

В докладе представлены результаты разработки и теоретического исследования индукторного генератора со сверхпроводниковой обмоткой возбуждения для кинетического накопителя энергии. Показаны результаты электромагнитного моделирования конструкции генератора, проработка маховика. Разработана математическая модель генератора с учетом инерции маховика, позволяющая моделировать различные режимы работы накопителя: заряд (режим двигателя), хранение (холостой ход) и отдача энергии (режим генератора) при работе на автономную нагрузку.

### **Методика исследования неравновесных состояний в сверхпроводниках при критических токовых нагрузках**

Малявина А.Ю., Мартиросян И.В., Михайлова И.К.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Покровский С.В.

МИФИ, Москва

Одной из актуальных задач физики твердого тела является исследование неравновесных состояний в сверхпроводниках. Перспективы применения высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) обусловлены их высокими критическими характеристиками и возможностью применения в качестве хладагента жидкого азота. В настоящее время на смену традиционным объемным ВТСП материалам приходят ленточные ВТСП композиты, которые обладают более высокими токонесящими характеристиками, хорошими тепловыми и механическими свойствами.

Экспериментальные исследования неравновесных состояний в ВТСП, как правило, связаны с измерением их магнитных и транспортных свойств в различных условиях охлаждения и нагрузки. Наиболее распространенными методами исследования магнитных

свойств композитов являются такие методы, как сканирующая холловская магнитометрия [1], низкотемпературная магнитооптика [2], измерение петель намагничивания [3]. Исследование транспортных свойств ВТСП образцов выполняется, как правило, при помощи измерения их вольтамперных характеристик [4]. Такой подход позволяет получить усредненную информацию об общем состоянии образца, но не дает детальную картину происходящего. Исследование локальных тепловых процессов, возникающих в сверхпроводящих лентах при критических токовых нагрузках, может быть выполнено с использованием высокоскоростной съемки.

В данной работе представлена экспериментальная методика, которая позволяет визуализировать локальные тепловые процессы, происходящие в сверхпроводящих композитах при импульсных токовых нагрузках, а также тепловые процессы, связанные с изменениями параметров кипения жидкого хладагента. Экспериментальный стенд включает импульсный источник постоянного тока, нановольтметр, кристат с образцом, расчетно-измерительный комплекс, высокоскоростную камеру, защитное стекло и осветительный прожектор.

В качестве объекта исследования была выбрана ВТСП лента производства фирмы SuperOx с размерами 100x4 мм. Сверхпроводящая лента представляет собой композитную структуру, чья архитектура включает более 10 слоев, в том числе металлическую подложку сплава Hastelloy (0.1 мм), ВТСП слой YBCO (1 мкм), буферные и защитные слои, толщиной в общей сложности порядка 120 нм, слои меди (30 мкм) и серебра (3мкм). Критический ток ВТСП ленты составляет 140 А в собственном поле при температуре кипения жидкого азота. Критическая температура ленты также была измерена экспериментально и составила 92 К. Охлаждение ВТСП ленты производится с использованием в качестве хладагента жидкого азота (температура 77.4 К). В качестве предварительной характеристики образца проведена бесконтактная диагностика локальных дефектов критического тока ленты с использованием методов сканирующей холловской магнитометрии. Представлены результаты исследований тепловых процессов, происходящих в жидком азоте и в ВТСП ленте при приложении к образцу транспортного подкритического тока, показаны особенности тепловых процессов, приводящих к смене режимов кипения азота, детально изучен процесс разрушения сверхпроводящего образца под действием сверхкритической токовой нагрузки и связанных с ним процессов, наблюдающихся в криогенной жидкости.

Работа выполнена в рамках Госзадания (проект FSWU-2022-0013) при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

Список используемых источников:

1. Magnetization measurements of non-centrosymmetric superconductor LaPt<sub>3</sub>Si: Construction of low temperature magnetometers with the SQUID and Hall sensor / Fujisawa Takumi, Yamaguchi Akira and others // Japanese Journal of Applied Physics. 2015. mar. Vol. 54, no. 4. P. 048001.
2. New simple method to measure  $j_c$  in superconducting films using magneto-optics / Baziljevich M., Johansen T.H. and others // Physica C: Superconductivity. 1996. Vol. 266, no. 1. P. 127–132.
3. Critical-current density from magnetization loops of finite high-T<sub>c</sub> superconductors/ Sanchez Alvaro, Navau Carles // Superconductor Science and Technology. 2001. jul. Vol. 14, no. 7. P. 444.
4. Comparative study of magnetic and transport properties and E-J characteristics analysis of epitaxial YBa<sub>2</sub>Cu<sub>7- $\delta$</sub>  thin films / Zhukov A.A, Ströbel J.P and others // Cryogenics. 1993. Vol. 33, no. 1. P. 142–146. Critical Currents in high T<sub>c</sub> superconductors.

## Особенности методов тестирования полупроводниковых диодов при криогенной температуре

Остапчук М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Шишов Д.М.

МАИ, Москва

Известно что собственный нагрев полупроводников может вносить значительную погрешность в результаты статических испытаний [1]. Это означает что конфигурация охлаждения полупроводникового силового элемента и характеристики тестового сигнала имеют значение при тестировании. Многие статьи с характеристикой компонентов в криогенных условиях не затрагивают тему самонагрева компонентов.

Вместе с тем, проблема погрешности от самонагрева приобретает новую актуальность в связи с исследованиями в области применения криогенного охлаждения для силовой электроники. Данная область исследования предполагает возможность для потенциального повышения удельной мощности систем включающих высокотемпературные сверхпроводники за счет совмещения контуров охлаждения. Помимо этого предполагается что за счет более интенсивного охлаждения полупроводники можно будет использовать в более нагруженных режимах, по сравнению с номинальными.

В первую очередь об этом говорит высокая разница температур в структуре компонента при охлаждении жидким азотом [2]. Помимо этого позитивным фактором является тот факт что теплопроводность кремния возрастает в диапазоне температур нормальных для высокотемпературной сверхпроводимости.

Негативным фактором является тот факт что теплоемкость веществ падает с понижением температуры, и это падение интенсифицируется тем сильнее, чем ближе температура к абсолютному нулю температур [3]. Это означает что структуре компонента необходимо будет меньше количество тепловой энергии для повышения собственной температуры. При этом температура влияет на полученные в рамках статического теста результаты.

В исследовании проведенном ранее были получены статические характеристики нескольких полупроводников [4]. Характер изменения можно охарактеризовать как смешанный, была подтверждена различность изменения характеристик у различных моделей полупроводников. Во всех случаях происходило увеличение порогового напряжения, при этом в одних случаях статические потери возрастали, в иных происходило уменьшение статических потерь, из-за снижения сопротивления проводимости в области высоких токов. Так как выбранная конфигурация охлаждения (прокачка жидкого азота сквозь алюминиевый радиатор) и тестовых сигналов (0-100 А, 3 Гц) приближена к реальному тепловому режиму компонентов полученные результаты несомненно представляют практическую ценность, однако эти данные невозможно использовать для создания моделей и учета в моделировании эффекта самонагрева.

Ввиду вышеприведенного были произведены тесты с варьированием частот тестовых сигналов (1 кГц–100 Гц) и различными конфигурациями охлаждения (погружение радиатора в жидкий азот или погружение самого компонента в жидкий азот). Полученные результаты говорят об увеличении влияния тепловыделения на вольт-амперную характеристику диодов, однако это возможно выяснить только в случае если характеристика меняется в исследуемом диапазоне. В криогенной электронике известен так называемый эффект «вымораживания», когда сопротивление проводимости перестает изменяться на определенном диапазоне температур. В случае с одним из образцов изменение характеристики произошло в пределах погрешности, в случае со вторым образцом было обнаружено и влияние частоты тестового сигнала, и влияние конфигурации охлаждения, причем разница достигает 15% для 80 А.

Вместе с тем влияние динамических потерь не существенно исказило результаты, что подтверждается примерному равенству соотношений между снижением динамических потерь полученных в [4], и барьерной емкости перехода диодов (для одного снижение примерно в 10 раз, для другого в 2 раза). Существенно короткие процессы обратного

восстановления при тестировании не вносят значительной погрешности в производимые тесты, а значит их адаптация для криогенных температур не требуется.

Список используемых источников:

1. Nakamura Y. et al. High-Voltage and High-Current I<sub>d</sub>-V<sub>ds</sub> Measurement Method for Power Transistors Improved by Reducing Self-Heating //IEEE Electron Device Letters. — 2020. — Т. 41. — №. 4. — С. 581-584.
2. Дубенский Г. А. и др. Проблемы криогенного охлаждения полупроводниковых вентилях статических преобразователей //Электричество. — 2019. — №. 6. — С. 4-12.
3. Parks H. L. et al. Uncertainty quantification in first-principles predictions of phonon properties and lattice thermal conductivity //Physical Review Materials. — 2020. — Т. 4. — №. 8. — С. 083805.
4. Ostapchuk M. et al. Research of Static and Dynamic Properties of Power Semiconductor Diodes at Low and Cryogenic Temperatures //Inventions. — 2022. — Т. 7. — №. 4. — С. 96.

### **Влияние параметров распределения протяжённых дефектов на магнитные свойства ВТСП**

Рыкун К.Н.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Кашурников В.А.  
МИФИ, Москва

В настоящее время сверхпроводники получают все большее распространение, их предлагают использовать или уже применяют в различных высокотехнологичных устройствах, например, авиационных двигателях, высокопольных магнитах, подшипниках, накопителях энергии и во многих других областях [1-3]. Наиболее перспективными для практического использования являются высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) в виде многокомпонентных лент (лент второго поколения).

На магнитные и транспортные свойства ВТСП существенно влияет явление пиннинга, при котором вихри Абрикосова закрепляются на дефектах материала. Огромное количество работ — как практических, так и теоретических, — посвящено исследованию этого явления и поиску оптимальных параметров пиннинга. При этом тип распределения, форма и ориентация дефектов существенно влияют на динамику вихрей, которая определяет такие практически важные свойства сверхпроводника, как критическая плотность тока и остаточная намагниченность.

В настоящей работе исследовалось влияние параметров распределения дефектов вида «трещотка» на свойства ВТСП. Оно представляет собой треугольную решетку, с узлами которой связан базис в виде наклонных цепочек равноудаленных друг от друга точечных дефектов. В работе проводились расчеты перемагничивания образцов ВТСП с различными параметрами «трещотки» в диапазоне магнитных полей от -2500 до 2500 Э при температуре кипения жидкого гелия 4.2 К. Расчеты были выполнены методом Монте-Карло в рамках двумерной модели слоистого ВТСП [4]. Дефекты представляли собой локальные потенциальные ямы глубиной 25 мэВ.

В результате проведенной работы было обнаружено, что подбором таких параметров, как постоянная решетки, расстояние между дефектами в базисе и угол наклона цепочек дефектов к границам образца, можно существенно улучшить захватываемый магнитный поток. Также было показано, что при правильном подборе параметров «трещотки» можно существенно увеличить остаточную намагниченность за счет вихрей, запертых в пространствах между дефектами. При этом появляется возможность уменьшения общей концентрации дефектов при сохранении величины остаточной намагниченности.

Была получена немонотонная зависимость остаточной намагниченности ВТСП от угла наклона цепочек базиса к горизонтальной границе образца, имеющая два максимума, приходящиеся на углы в 30 и 90 градусов, и два минимума — при 0 и 60 градусах. Также было обнаружено, что для некоторых рассмотренных распределений с углами наклона базиса в 30 и 90 градусов наблюдается пик намагниченности при уменьшении внешнего

магнитного поля. Было показано, что подобный пик связан с эффектом подстройки, при котором вихревая решетка подстраивается под структуру дефектов: в определенных полях вихри выстраивались в практически идеальную треугольную решетку, наклоненную на угол наклона базиса, и с параметром решетки, равным удвоенному расстоянию между дефектами в цепочках базиса. При этом глубина потенциальной ямы дефектов влияет на размер и положение пика намагнитченности. С ростом температуры пик исчезает из-за температурных флуктуаций в вихревой системе.

Список используемых источников:

1. Zhang Y. et al. Progress in production and performance of second generation (2G) HTS wire for practical applications //IEEE Transactions on applied superconductivity. — 2014. — Т. 24. — №. 5. — С. 1-5.
2. Fietz W. H. et al. High-current HTS cables: Status and actual development //IEEE Transactions on Applied Superconductivity. — 2016. — Т. 26. — №. 4. — С. 1-5.
3. Ando T., Nishio S. Design of the TF coil for a tokamak fusion power reactor with YBCO tape superconductors //21st IEEE/NPS Symposium on Fusion Engineering SOFE 05. — IEEE, 2005. — С. 1-4.
4. Зюбин М. В., Руднев И. А., Кашурников В. А. Упорядоченные состояния и структурные переходы в системе вихрей Абрикосова с периодическим пиннингом //Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 2003. — Т. 123. — №. 6. — С. 1212-1226.

### **Управляемый усилитель мощности для измерения магнитных параметров ферромагнитных материалов**

Трошин П.А.

Научный руководитель — к.т.н. Шишов Д.М.

МАИ, Москва

Применение высокотемпературной сверхпроводимости является одной из перспективных технологий, позволяющей создавать электрические машины с более высокими удельными параметрами [1], [2]. Для достижения высокотемпературной сверхпроводимости сверхпроводниковые обмотки охлаждаются жидким азотом. Но хладагент охлаждает не только обмотки, но и магнитопроводы, свойства которых существенно влияют на параметры машины. Так как информации о влиянии криогенных температур на магнитные свойства конструкционных ферромагнитных материалов довольно мало, то при проектировании пользуются данными, полученными при температурах до — 60°C.

Несмотря на большое количество аналитических методов, для исследования магнитных свойств ферромагнитных материалов при низких температурах был разработан электронный преобразователь на основе управляемого усилителя мощности, представляющий собой модернизированный вариант устройства, описанного в [3]. Этот усилитель создан на базе модифицированного осциллографического метода измерения характеристик ферромагнитных материалов [4]. Данный метод применяется довольно часто, так как он позволяет исследовать как материалы, которые входят в насыщение при достаточно низкой напряженности (аморфное железо, феррит), так и материалы, для насыщения которых необходима достаточная большая напряженность магнитного поля (например, электротехнические стали).

В данной статье представлены исследования магнитных характеристик для образцов сердечников из электротехнической стали, аморфного железа, феррит. Исследования проводились при температуре воздуха +25°C и при температуре кипения жидкого азота - 195,75°C на частотах от 100 Гц до 800 Гц для аморфного железа, пермаллоя и феррита, и в диапазоне от 50 Гц до 400 Гц для образца из стали. При данных температурах были проведены исследования и построены зависимости остаточной индукции ( $B_r$ ), индукции насыщения ( $B_s$ ) и коэрцитивной силы ( $H_c$ ) от частоты перемагничивания.

В результате экспериментов были получены следующие результаты:

1. Электротехническая сталь марки 2412. При захлаживании изменилась коэрцитивная сила  $H_c$  на 7,13%, остаточная индукция  $B_r$  на 39,28%, индукция насыщения  $B_s$  на 0,85%. Эксперимент проводился при частоте перемагничивания 400 Гц.

2. Аморфное железо ГМ42ДС. При захлаживании изменилась коэрцитивная сила  $H_c$  на -3,12%, остаточная индукция  $B_r$  на -59,96%, индукция насыщения  $B_s$  на -40,49%. Эксперимент проводился при частоте перемагничивания 400 Гц.

3. Аморфное железо ГМ43ДС. При захлаживании изменилась коэрцитивная сила  $H_c$  на 47,59%, остаточная индукция  $B_r$  на 21,94%, индукция насыщения  $B_s$  на 18,39%. Эксперимент проводился при частоте перемагничивания 400 Гц.

4. Пермаллой 1k107. При захлаживании изменилась коэрцитивная сила  $H_c$  на 37,10%, остаточная индукция  $B_r$  на 4,09%, индукция насыщения  $B_s$  на 12,75%. Эксперимент проводился при частоте перемагничивания 400 Гц.

5. Феррит М2000НМ. При захлаживании изменилась коэрцитивная сила  $H_c$  на 233,03%, остаточная индукция  $B_r$  на 190,75%, индукция насыщения  $B_s$  на 40,70%. Эксперимент проводился при частоте перемагничивания 400 Гц.

Как можно увидеть, все материалы изменяют свои характеристики при охлаждении до криогенных температур. Степень изменения зависит непосредственно от самого материала. Более того, эффект захлаживания может по-разному влиять даже на материалы, относящиеся к одному классу, что видно по образцам из аморфного железа. В относительных единицах, наименьшее изменение магнитных параметров было продемонстрировано образцом из электротехнической стали марки 2412. Несмотря на тот факт, что остаточная намагниченность при температуре  $-195,75^\circ\text{C}$  выросла на 39,28%, индукция насыщения, которая играет ключевую роль в расчете параметров электрических машин, практически не изменилась.

Список используемых источников:

1. Sergey Zanegin, Nikolay Ivanov, Vasily Zubko, Konstantin Kovalev, Ivan Shishov, Dmitry Shishov and Vladimir Podguzov, Measurements and Analysis of AC Losses in HTS Windings of Electrical Machine for Different Operation Modes, Appl. Sci. 11(6) (2021).

2. Dmitry Dezhin, Nikolay Ivanov, Konstantin Kovalev, Irina Kobzeva and Valeriy Semehin, System Approach of Usability of HTS Electrical Machines in Future Electric Aircraft, IEEE Trans. on Applied Superconductivity. 28(4) (2018).

3. Шевцов Д.А., Шишов Д.М., Трошин П.А., Иванов Н.С. Измерительный комплекс для регистрации петель.

4. Розенблат М.А. Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники. — М.: Наука, 1974. — 768 с.

## **Сравнение методов анализа угловых зависимостей критического тока ВТСП лент**

Федоров М.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Гурьев В.В.  
МАИ; НИЦ «Курчатовский институт», Москва

Для современной технической сверхпроводимости важной задачей является анализ зависимостей критического тока от угла ориентации образца ВТСП ленты в магнитном поле. Появление такой анизотропии связано с особенностями системы дефектов кристаллической решетки сверхпроводника, называемых центрами пиннинга, а также с направлением движения квантов магнитного потока (вихрей). Поэтому с одной стороны анализ угловых зависимостей может дать информацию о дефектной структуре ВТСП ленты, необходимую для развития технологии самих ВТСП лент. С другой стороны, при проектировании электротехнического устройства, очевидно необходимо учитывать реальную анизотропию токонесущей способности по отношению к направлению магнитного поля. Однако широко используемые методы обработки [1], в основном, не отражают физической картины

взаимодействия вихрей и центров пиннинга, что затрудняет извлечение полезной информации из угловых зависимостей критического тока.

В данной работе проанализированы угловые зависимости экспериментальных ВТСП лент, полученных в НИЦ Курчатовский институт. Измерения проведены в среде жидкого азота (77К) и поле 1 Тл. Образцы измерений — экспериментальные образцы ReBCO, где Re представляет смесь лантаноидов (Gd-Dy, Sm-Dy, Dy-Y, Eu-Y). Угловая зависимость снята с шагом в 5 градусов, с разворотом на полные на 360 градусов. На некоторых образцах был обнаружен дополнительный пик на 90 градусов (ориентация поля по нормали к ленте). Кроме того, некоторые пики демонстрируют выраженную асимметрию. Анализ угловых зависимостей проводился в рамках модели «вихревого пути» [2] и «модели анизотропного пиннинга» [3]. Проведено сравнение точности описания экспериментальных данных с учетом количества подгоночных параметров. Обсуждаются физические основания и отличия использованных предпосылок при построении модели.

Список используемых источников:

1. G. Blatter V.B. Geshkenbein, A.I. Larkin a From isotropic to anisotropic superconductors: a scaling approach. Phys. Rev. Lett., 1992 г. — Т. 68.

2. Long N J Model for the angular dependence of critical currents in technical superconductors. Lower Hutt : Supercond. Sci. Technol., 2008 г. — Т. 21.

3. Е. Ю. Клименко С. В. Шавкин, П. В. Волков Анизотропный пиннинг в макроскопической электродинамике сверхпроводников. Москва: ЖЭТФ, 1997 г. — Т. 112.

### **Разработка устройства для накачки потока в соленоид с изолированной ВТСП обмоткой**

Хохряков В.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Красноперов Е.П.

МАИ; НИЦ «Курчатовский институт», Москва

Задача данного дипломного проекта является создание устройства по накачке магнитного потока в рестрейковую катушку (соленоид) с изолированной ВТСП обмоткой, т.е. создания бесконтактного устройства, которое бы наводило электрический ток в высокотемпературном сверхпроводнике. Подвод тока к сверхпроводящим устройствам (питание) обычно осуществляют с помощью токоподводов, изготавливаемых из меди и латуни. Поскольку сверхпроводящие устройства работают при низких температурах (4–700К), то подводимое тоководами тепло, а также выделяемое в них тепло при пропускании тока приводит к заметным энергетическим потерям.

Проблема токопроводов в жидкий гелий актуальна, поскольку жидкий гелий нынче дорог. Кубометр газообразного гелия подорожал с 850–900 руб. в апреле 2019 до 1,78 тыс. руб. (\$27000 за 1 тыс. кубометров). 12 октября того же года.

Технической проблемой, на решение которой направлена работа является повышение энерго эффективности и надежности питания сверхпроводящих магнитов за счет отказа от механически вращающихся деталей при низких температурах.

Технический результат заявленной работы заключается в устранении механически вращающихся узлов в источниках питания с monopольным магнитным ротором и в радикальном снижении выделения тепла при питании сверхпроводящих устройств (магнитов) за счет решения, позволяющего осуществлять динамическое вращение магнитного поля по аналогии статоров трехфазных двигателей.

Предлагается использовать динамическое вращение магнитного поля по аналогии статоров трехфазных двигателей, но питание катушек осуществлять через диоды, т.е. только положительными (или отрицательными) полуволнами переменного 3-х фазного тока. Вблизи катушек установлена петля сверхпроводящей ленты, концы которой припаяны к сверхпроводящему магниту, образуя замкнутый контур (лента — магнит) с очень малым сопротивлением спая. Движение магнитного поля поперек ленты вызывает импульсы тока, которые обеспечивают рост поля магнита.

В результате исключается механически вращающийся монополюсный ротор, и движение поля осуществляется динамическим образом за счет трех пар катушек, которые питаются полупериодами 3-х фазной сети. Это позволяет использовать устройство как в криожидкостях, так и в вакууме при косвенном охлаждении. Кроме этого возрастает надежность устройства.

Список используемых источников:

1. В Буккель. Сверхпроводимость. Основы и приложения: учеб. пособие // Издательство «МИР», Москва 1975.
2. Ratu Mataira, Mark D. Ainslie, Rod Badcock, Chris W. Bumby. Modeling of Stator Versus Magnet Width Effects in High-Tc Superconducting Dynamos // Nature Magazine: scientificreports 2020
3. Asef Ghabeli, Enric Pardo, Milan Kapolka. 3D modeling of a superconducting dynamo-type flux pump // IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2021
4. Lin Fu, Koichi Matsuda, Boyang Shen, and Tim Coombs. HTS Flux Pump Charging an HTS Coil: Experiment and Modeling // IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2020

# Направление №4 Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем

## Секция №4.1 Радиотехнические устройства и системы

### Исследование уровня безэховости в рабочей зоне безэховой экранированной камеры

Алимов А.П.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Добычина Е.М.

МАИ, Москва

Безэховая экранированная камера (БЭК) представляет собой специальное помещение, которое изнутри облицовано поглотителем электромагнитных волн. Посредством данной облицовки уменьшаются отражения от стен, пола, потолка и обеспечивается в определенном ее объеме — безэховой зоне — заданный малый уровень отражений. Другими словами, создаются условия, приближающиеся к условиям «свободного пространства» [1]. Добиться полного отсутствия отраженного сигнала не удастся из-за неидеальности радиопоглощающего материала, а также выступающих металлических элементов конструкции БЭК.

Основной характеристикой безэховых камер является рабочая безэховость или коэффициент безэховости. Он зависит от многих факторов, но главными из них являются: размеры безэховой камеры, ее форма, качество поглотителей электромагнитных волн, которые используются для облицовки рабочих поверхностей. Уровень безэховости в рабочей зоне БЭК определяется величиной паразитного влияния переотраженных от различных поверхностей составляющих излучаемого сигнала. Для оценки этого влияния применяется коэффициент безэховости — отношение потока мощности  $P_{рас}$ , рассеянного камерой к потоку мощности  $P_{пад}$ , пришедшему от излучателя в заданной точке безэховой зоны БЭК. Для оценки уровня безэховости существует широкий спектр методик, описанных в тематической литературе [1, 2].

Целью данной работы было исследование уровня безэховости в рабочей зоне отдельно взятой БЭК. Для исследования были выбраны две методики определения коэффициента безэховости: метод наложения диаграмм и метод свип-генератора. Данные методики были выбраны исходя из возможности применения подвижного стенда для перемещения передающей антенны. В результате с применением обеих методик были получены распределения значений коэффициента безэховости при перемещении передающей антенны на подвижном стенде. Измерения проводились для нескольких положений приемной антенны в рабочей зоне БЭК. Также был проведен сравнительный анализ использованных методик определения коэффициента безэховости.

Список используемых источников:

1. Мицмахер М.Ю., Торгованов В.А. Безэховые камеры СВЧ. — М.: Радио и связь, 1982. — 129 стр.
2. Воронин Е.Н., Нечаев Е.Е., Шашенков В.Ф. Реконструктивные антенные измерения. — М.: Наука, 1995. — 351 стр.

## Антенна для автоматической пеленгации источника радиоизлучения ДМВ диапазона

Аникин Г.С.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

Как известно, минувшее десятилетие ознаменовалось переходом на цифровое телевидение стандарта DVB-T2. Это, очевидно, повлекло за собой ряд изменений как в передающем, так и в приёмном оборудовании. Изменились частоты вещания в сторону их увеличения, стали требоваться новые приёмные устройства, поддерживающие вышеуказанный формат.

С другой стороны, тенденцией является увеличение числа радиоэлектронных средств, излучающих разного рода сигналы, в связи с чем частотный диапазон заполняется всё более плотно вплоть до дециметрового, сантиметрового, а то и миллиметрового диапазона волн. Всё это неизбежно ведёт к ухудшению электромагнитной обстановки, а зачастую и к взаимным помехам, в том числе к помехам приёму телевидения. Формируется своего рода электромагнитный смог, который наиболее ощутим при мониторинге радиозфира в городских условиях.

В сельской местности, где проживает достаточное количество телезрителей, помимо воздействий на приёмную аппаратуру внешних воздействий (помех), ввиду особенностей распространения радиоволн дециметрового диапазона существует и другой фактор, усложняющий приём телевизионных сигналов, — значительное удаление телепередатчика от точки приёма.

Принимая во внимание сказанное выше, можно сказать, что всё это предъявляет новые высокие требования не только к телевизионным приёмникам, но и к антенно-фидерным системам. Обозначим основные из них: 1) частотная полоса согласования антенны с входной цепью приёмного устройства; 2) достаточно высокий коэффициент усиления антенны; 3) как можно более малый уровень заднего излучения (т.е. высокий коэффициент подавления тыла, F/V).

Часто разработчики антенных систем в погоне за максимизацией первого параметра забывают о двух последующих, в результате чего антенна получается узкополосной и плохо переносит погодные воздействия, что приводит к ухудшению качества приёма телевизионных сигналов ввиду рассогласования антенно-фидерного тракта с входными цепями телеприёмника. Минимизация уровня заднего излучения (иными словами, увеличение параметра F/V, как правило, измеряемого в дБ) важна по двум основным причинам: а) концентрация излучения в сторону максимума ДНА; б) постановка нуля ДН в сторону местных радиоэлектронных средств, излучение которых попадает в задние лепестки антенны (здесь стоит отметить, что словосочетание «концентрация излучения» в данном случае для сугубо приёмной телевизионной антенны употреблено, так как, как известно, диаграммы направленности антенны на приём и на передачу, строго говоря, совпадают). Изложенные задачи решают, как правило, применением логопериодических антенн, однако к недостаткам такого подхода можно отнести сложность изготовления подобных антенн, а также тот факт, что при равной длине бума (эта длина равна расстоянию от рефлектора до последнего директора) логопериодическая антенна, как правило, имеет меньший коэффициент усиления по сравнению с волновым каналом (Yagi). Кроме того, в ряде случаев возникают сложности согласования логопериодической антенны с фидерным трактом, имеющим волновое сопротивление 50 Ом.

На базе СКБ-4 МАИ была рассчитана, смоделирована и изготовлена широкополосная антенна типа «волновой канал» с частотной полосой по уровню КСВ не хуже 1,3 от 645 МГц до 855 МГц. В процессе моделирования и оптимизации модели решались в первую очередь такие задачи, как сохранение примерного постоянства параметров во всей рабочей полосе, а также достижение максимального коэффициента усиления вкуче с минимизацией уровня задних лепестков ДН.

Задача по подавлению тыла ДНА решалась также в рамках разработки на базе СКБ-4 системы автоматической ориентации антенны на телепередатчик, где в качестве метода пеленгации был выбран не метод максимума, а метод минимума диаграммы направленности антенны. Этот метод имеет важное преимущество, связанное с работой на достаточно крутом участке ДН, в отличие от метода максимума, где работа, как известно, ведётся на более пологом участке диаграммы направленности.

Список используемых источников:

1. Гончаренко И. «Антенны КВ и УКВ», 2010
2. Кочержевский Г.Н., Ерохин Г.А., Козырев Н.Д. / Антенно-фидерные устройства. Москва «Радио и связь» 1989. — 261с
3. Айзенберг Г.З. «Коротковолновые антенны», 1985
4. Айзенберг Г.З. «Антенны УКВ», 1977

### **Сравнительный анализ алгоритмов обнаружения радиосигналов источников радиоизлучения известного типа в аппаратуре радиотехнического наблюдения** Бирюков И.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Юдин В.Н.

МАИ; АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга», Москва

В условиях противодействия, в частности, скрытности работы источников радиоизлучения (ИРИ), актуальным является разработка высокоэффективных алгоритмов обнаружения радиосигналов ИРИ для перспективных средств радиотехнического наблюдения (РТН). Особенность этих алгоритмов — использование при обнаружении радиосигналов априорных данных о типах ИРИ, которые, как правило, применяются при их распознавании. Априорные данные представляет собой описание радиосигналов в пространстве диапазонов возможных значений радиотехнических параметров в соответствии с режимами работы ИРИ.

Средство РТН в случае, если является сосредоточенным в одном пространственном положении зачастую является многоканальным. Для такого средства РТН выполнен сравнительный анализ характеристик обнаружения разностно-фазового и взаимно-корреляционного обнаружителей. А именно, анализируются следующие алгоритмы:

1. Межканальный взаимокорреляционный алгоритм обнаружения радиосигналов ИРИ известного типа, определяющий коэффициент взаимной корреляции между сигналами разных антенных каналов.

2. Межканальный разностно-фазового алгоритм обнаружения радиосигналов ИРИ известного типа, определяющий значение разности фаз между квадратурами сигналов разных антенных каналов.

Анализ выполнен с использованием натурно-модельного метода. В качества выходных данных используются реальные оцифрованные радиосигналы, поступающие с выхода приемных устройств средства РТН.

Компьютерная модель тракта обнаружения разработана в среде программирования MatLab.

Сравнительный анализ полученных характеристик обнаружения показал, что межканальный разностно-фазовый алгоритм обладает существенным преимуществом по величине входного отношения сигнал/шум (до 17 дБ) по отношению к взаимокорреляционному алгоритму.

### **Оценка параметров сигналов, отражённых от вращающихся структур**

Виноградов М.С., Мачинский Г.С., Буй Чонг Нгиа

Научный руководитель — к.т.н. Ясенцев Д.А.

МАИ, Москва

Широкое использование вращающихся структур в хозяйственной жизнедеятельности человека требует контроля и анализа параметров данных структур для предотвращения аварий, и нештатных ситуаций. Нахождение регулярной вращающейся структуры в поле

облучения радиолокационной системы порождает в отражённом радиосигнале эффект пропеллерной модуляции, который заключается в нелинейном преобразовании падающего радиосигнала, приводящем к появлению дополнительных спектральных составляющих на частотах, кратных частоте вращения облучаемого ротора. При этом параметры отражённого радиосигнала однозначно связаны с параметрами вращающейся структуры.

Традиционно для оценки характеристик возникающей пропеллерной модуляции используются подходы, основанные на спектральном анализе отражённых радиосигналов. Спектральные компоненты, порождаемые вращающимися составными частями облучаемого объекта, имеют периодическую структуру, при этом её периодичность определяется числом осей симметрии и частотой вращения. Это даёт возможность оценивать параметры самой вращающейся структуры на основе анализа отражённого радиосигнала.

Однако при нарушении периодичности облучаемой вращающейся структуры происходит возникновение паразитных гармонических составляющих в отражённом радиосигнале. В этих условиях предположение об однозначной связи между положением спектральных компонент и параметрами вращающейся структуры становится некорректным. Для оценки параметров вращения нерегулярных структур можно использовать автокорреляционный анализ принятой реализации. В случае наличия в отражённом радиосигнале периодической модулирующей функции, АКФ отражённого радиосигнала будет иметь всплески с периодом, равным периоду модуляции. Ширина же центрального пика АКФ будет нести информацию о ширине спектра отражённого радиосигнала.

Данный подход предполагается применить к анализу радиосигналов в виде гармонического колебания, облучающего вращающийся вентилятор. Макет радиолокатора с непрерывным немодулированным излучением позволяет записывать реализацию отражённого радиосигнала в память ПК для её дальнейшей обработки.

Исследования, проводимые в рамках выполнения работы, направлены на выявление связей параметров АКФ отражённого радиосигнала и характеристик вращающейся структуры.

Список используемых источников:

1. Victor C. Chen. Radar micro-doppler signature. Processing and application. — London, 2014
2. Ширман, Я.Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / Я.Д. Ширман, С.А. Горшков, С.П. Лещенко, Г.Д. Братченко и др. // Радиолокация и радиометрия, №3, Радиолокационное распознавание и методы математического моделирования. — 2000.

## **Построение и моделирование фазированной антенной решетки с печатными излучателем и делителем мощности**

Зуев А.А.

МАИ, Москва

В настоящее время фазированные антенные решетки получили широкое распространение в гражданских и военных радиотехнических системах. Отличительной особенностью использования ФАР является способность формировать необходимую диаграмму в различных направлениях, путем задания фазового распределения в апертуре антенны для расширения сектора сканирования. В настоящее время активно применяется технология печатного исполнения элементов антенной решетки. Преимуществами таких антенных решеток являются: масса-габаритные характеристики, технологичность, низкая стоимость, точность изготовления и т.д. Методами печатной технологии могут быть выполнены линии передачи, излучатели, переключатели, фазовращатели, согласующие элементы и т.д.

В данной статье рассматриваются исследование широкополосного печатного делителя мощности и методы совмещения делителя мощности с печатным излучателем. В качестве печатного излучателя выбрана антенна Вивальди с экспоненциально расширяющейся щелью, возбуждение которой выполняется с помощью полосково-щелевого перехода через микрополосковую линию. Отличительной особенностью данного типа излучателя является

то, что при увеличении количества элементов решетки полоса рабочих частот будет расширяться, а не сужаться. Исследование основано на методах электродинамического анализа широкополосных структур с применением программ на основе метода конечного интегрирования и метода конечных элементов.

Расчет делителя мощности был проведен в Ku-диапазоне. Рабочие полосы частот  $f=10,7-12,75$  ГГц и  $f=14-14,5$  ГГц и ширина рабочей полосы составила 17,6%, КСВН не более 2 в рабочих диапазонах частот. Антенная решетка имеет горизонтальную и вертикальную поляризации, благодаря расположению излучателей под углом  $90^\circ$  относительно друг друга. В качестве подложки использован композитный PTFE материал с керамическим наполнителем RT 6002 с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=2,94$ . Для уменьшения размеров делителя мощности были проведены расчеты переходных отверстий, вертикально соединяющие разные слои подложки.

Список используемых источников:

1. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. М. Советское радио. 1972 г.
2. J.-Y. Choi, H.-S. Lee, T.-O. Kong, J.-H. Chun Development of Polarization-Controllable Active Phased Array Antenna for Receiving Satellite Broadcasting / The journal of Korean institute of electromagnetic engineering and science. 2018. P.P. 325-335.
3. Фазированные антенные решетки / Хансен Р.С. 2-е изд., М.: Техносфера, 2012. — 560 с.

### **Антенная насадка для антенно-фидерного устройства телекомандной системы космического аппарата**

Кокорин Д.А.

Научный руководитель — Шмачилин П.А.

МАИ, Москва

Антенные насадки являются неотъемлемой частью при осуществлении совместных испытаний, например на космических аппаратах. Для исследуемых антенн должны проектироваться антенные насадки, которые должны повторять их электрические характеристики, размеры, рабочий диапазон частот, способ установки и крепления на исследуемое АФУ и подводимую мощность, если антенная насадка проектируется для передающей антенны.

Данная антенная насадка представляет собой экранирующий корпус цилиндрической формы, который является круглым волноводом. Нижний торец открыт и имеет фланец, который имеет конструктивную возможность крепления на исследуемую антенну при помощи винтов. Верхний торец содержит коаксиальный соединитель с центральным проводником. Так же антенная насадка имеет элемент связи на печатной плате, который представляет собой плоскую однозаходную спиральную антенну, выполненной на круглой диэлектрической металлизированной фольгированной подложке из стеклотекстолита. Данный спиральный излучатель делит насадку по вертикали на две части: нижняя часть пустая, ее заполняет исследуемая АФУ, верхняя часть содержит аттенуатор, который располагается между центральным проводником и началом элемента связи на печатной плате, конец которого имеет согласующий резистор служащий для предотвращения перепреотражений от конца спирального отражений.

Аттенуатор улучшает согласование в рабочем диапазоне частот антенной насадки, как по входу насадки, так и по выходу исследуемой антенны, нагрузкой которой является антенная насадка.

Антенная насадка имеет простейшие элементы, следовательно на их изготовление тратится мало времени, а значит антенная насадка имеет высокую технологичность изготовления.

Данная антенная насадка обеспечивает высокую повторяемость электрических характеристик, имеет низкую стоимость и высокую технологичность.

На антенной насадке не используется радиопоглощающий материал, при необходимости его можно применить.

При переворачивании спирального излучателя, антенная насадка может работать как с антеннами правой, так и с антеннами левой эллиптической поляризации.

Обычно используются двухзаходные спиральные антенны с противофазной запиткой. Они имеют ассиметричную ДН а следовательно должны иметь симметрирующее устройство, которое усложняется конструкцию и сужает рабочий диапазон частот плоской спиральной антенны.

Данная антенная насадка имеет однозаходную спиральную антенну в качестве излучающего элемента, а следовательно данной изобретение не имеет недостатков рассмотренных выше и имеет большую технологичность. Ее электрические характеристики были измерены в полубезэховой камере в свободном пространстве.

Коэффициент эллиптичности определяется как разность наибольшей кривой и наименьшей кривой на каждой частоте.

Диаграмма направленности не идеальна с точки зрения симметрии, это не влияет на характеристики антенной насадки в целом.

Помимо характеристик исследуемого АФУ на корпус цилиндрической формы насадки, являющегося круглым волноводом, влияет основные типы волн распространяющиеся на круглом волноводе.

Антенные насадки обеспечивают надежность аппаратуры при запуске космического аппарата.

Поставленная задача по разработке высокотехнологичной антенной насадки успешно решена. Антенная насадка не имеет дефицитных материалов и материалов импортного производства.

## **Сверхширокополосная логопериодическая антенная решетка для малого БПЛА**

Король Д.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Темченко В.С.

МАИ, Москва

Сегодня перед разработчиками авиационной техники стоит задача разработки антенных систем для беспилотных летательных аппаратов, используемых для доставки грузов, радиоразведки и ретрансляции сообщений и данных. В перспективе остаются многофункциональные широкополосные комплексы, позволяющие совместить в одной антенне системы связи, навигации, телеметрии и т.д. Помимо возможности использовать антенну для решения нескольких задач, широкополосность позволяет увеличить полосу канала связи, что увеличивает скорость передачи данных.

Для решения этих задач можно использовать логопериодические антенны (ЛПА) общая методик расчета которых представлена в [1]. Логопериодические антенны (ЛПА) считаются частотно-независимыми и работают в большом частотном диапазоне. По конструкции схожи с антенной волновой канал, но обладают директорами переменной длины, изменяющиеся по логарифмическому закону. Теоретически в ЛПА можно добиться перекрытия любого диапазона частот, однако на практике верхняя граница ограничена моментом, когда длина вибратора становится соизмерима с шириной фидерной линии. К одному из плюсов ЛПА относят слабую частотную зависимость коэффициента усиления. Антенну возможно выполнить в печатном исполнении, что снижает ее габариты и позволяет разместить в крыле БПЛА под радиопрозрачным обтекателем. Запитку возможно изготовить на основе коаксиального кабеля.

В работе был выполнен расчет и моделирование логопериодической вибраторной антенны. По полученным результатам был собран опытный образец. Произведено моделирование антенной решетки размещенной в крыле БПЛА и выполнено сканирование в заданном секторе углов.

Список используемых источников:

1. Сверхширокополосные антенны: [сборник статей] / пер. с англ. С.В. Попова и В.А. Журавлева; под ред., с предисл. Л.С. Бененсона. М.: Мир. — 416 с.

## **Оценка информационной эффективности цифровых сетей авиационной связи на основе обобщенного показателя**

Журавлев К.О., Подборцев А.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Межуев А.М.  
ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска новых способов оценки эффективности информационного обмена (информационной эффективности) цифровых сетей авиационной связи (ЦСАС) в условиях высокого входного трафика и воздействия дестабилизирующих факторов, позволяющих одновременно учитывать характеристики сетей при передаче и хранении информации, а также определять их потенциальные возможности по обеспечению информационного обмена (ИО).

Анализ известных подходов к оцениванию эффективности ИО в ЦСАС [1 — 3] показал, что они строятся на основе трех основных групп параметров и показателей: локальных параметров информационной эффективности, информационно-технических показателей и технико-экономических показателей эффективности ИО. При этом они имеют ряд существенных недостатков, которые особенно ярко проявляются в условиях высокой динамики изменений входного трафика и структуры сетей, к ним относятся: оценка только скоростных характеристик передачи информации; отсутствие учета структуры и алгоритмов функционирования ЦСАС; непригодность для сравнения сетей в различных условиях функционирования; не-возможность получения оценки эффективности ЦСАС по отношению к потенциальным характеристикам при осуществлении ИО.

Поэтому в ходе исследований на основе анализа структурно-поточковой модели ЦСАС был определен показатель — удельная интегральная нагрузка ЦСАС, одновременно характеризующая свойства передачи (производительность сети) и хранения информации (количеством пакетов на хранение в буферных запоминающих устройствах (БЗУ) узлов коммутации (УК)) при заданном ограничении на среднюю временную задержку пакета.

Для оценки потенциальных возможностей системы по передаче и хранению информации в модели идеальной ЦСАС из одноканальных систем (ОС) без конфликтов, повторных передач и потерь пакетов, с максимальными характеристиками по передаче и хранению информации введено понятие максимальной удельной интегральной нагрузки.

В результате разработан и обоснован обобщенный показатель оценки эффективности ИО в ЦСАС — коэффициент полезного использования (КПИ) возможностей сети по передаче и хранению информации, как отношение определенных выше показателей. Сформулирован его физический смысл, заключающийся в определении взаимосвязи между основными системными характеристиками ЦСАС и параметрами ИО, а также в оценке эффективности ИО в сети по отношению к потенциальным возможностям передачи и хранения информации. С использованием аналогий между классической аналитической моделью Л. Клейнрока [3] (для системы типа синхронная АЛОНА) на основе теории систем массового обслуживания (СМО) и имитационной моделью ЦСАС, сформированы функции информационной эффективности, как зависимости КПИ от интенсивности входного трафика. При этом максимум функции информационной эффективности расположен между максимумами функций производительности ЦСАС и количества пакетов на хранение в системе, что подтверждает обобщенный характер введенного показателя КПИ [4].

Для оценки воздействия дестабилизирующих факторов на качество ИО получен КПИ сети с учетом воздействия помех, в котором уточнение значения КПИ производится на канальном уровне с использованием общепринятого показателя помехоустойчивости — логарифма вероятности ошибки приема одиночной элементарной посылки [2]. Кроме того, с использованием аналитической тензорной модели ИО в ЦСАС определены удельные

информационные потери в сети, которые позволили получить уточненное значение КПИ с учетом информационных потерь на сетевом уровне [4]. Из двух полученных значений КПИ для итоговой оценки выбирается наименьшее, как соответствующее наихудшему варианту функционирования сети (в том числе для создания запаса по информационной эффективности в случае увеличения влияния дестабилизирующих факторов).

Разработаны усовершенствованные имитационные модели ЦСАС с применением теории СМО (в средах моделирования GPSS/PC и LiteIDE X), содержащие специальный аналитический блок для вычисления КПИ и построения функций информационной эффективности. Показана возможность существенного расширения области обеспечения устойчивого ИО в ЦСАС за счет слияния функций информационной эффективности отдельных структур, наиболее качественно функционирующих в соответствующих интервалах изменения входного трафика.

Таким образом, применение предлагаемого обобщенного показателя позволяет: учитывать свойство хранения информации в ЦСАС, определять оптимальные условия для ИО, производить сравнительную оценку эффективности работы сетей с различными структурами, учитывать влияние на качество передачи информации помеховой обстановки и динамики изменения входного трафика. Разработаны практические рекомендации по использованию полученного показателя для реализации методов и моделей комплексной многоконтурной адаптации ЦСАС к изменяющимся условиям информационного обмена.

Список используемых источников:

1. Bertsekas D., Gallager R. Data Networks: 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992. 556 p.
2. Назаров, А.Н., Сычев К.И. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. Красноярск: «Поликом», 2010. 389 с.
3. Kleinrock L., Gail R. Queueing Systems: Problems and Solutions. Wiley-Interscience, 1996. 240 p.
4. Межуев А.М., Пасечников И.И., Коренной А.В. Анализ функции эффективности информационной сети и алгоритм оценки режимов информационного обмена на основе производных обобщенного показателя // Электромагнитные волны и электронные системы. 2017. № 5. С. 12 — 22.

## **Метод обработки сверхширокополосных радиолокационных сигналов при зондировании сред с частотно-зависимыми параметрами**

Монахов М.Д.

Научный руководитель — д.т.н. Гаврилов К.Ю.

МАИ, Москва

Радиолокационные системы подповерхностного зондирования (РЛПЗ) используются как для зондирования сплошных сред, так и для обнаружения объектов, находящихся за оптически непрозрачными преградами (стенами зданий, потолочными перекрытиями и т. д.). Во всех случаях использования в РЛПЗ сверхширокополосных (СШП) сигналов, наблюдается зависимость результатов их обработки от частотно-зависимых параметров среды. В частности, неоднородность диэлектрической проницаемости среды приводит к искажению частотной структуры СШП сигнала и, как следствие, к расширению функции отклика и ухудшению разрешающей способности по дальности.

При обработке СШП сигналов на основе фильтров сжатия используют весовые окна, которые позволяют существенно уменьшить уровень боковых лепестков [1, с. 62]. Такие окна обычно имеют симметричный вид и не устраняют расширение функции отклика, обусловленное неоднородностью среды. При этом двумерные изображения радиолокационных сигналов в РЛПЗ характеризуются весьма слабым контрастом даже при достаточно большом значении отношения сигнал-шум (ОСШ). Причиной этого является различие значений ОСШ на разных частотах СШП сигнала. Это явление затрудняет

применение алгоритмов автоматизированного обнаружения объектов в среде и снижает эффективность визуального анализа результата зондирования оператором.

В работе предлагается использование при обработке СШП сигналов несимметричных окон, которые могут учитывать неоднородность среды путем смещения центра тяжести окна в сторону низкочастотных отсчетов. На основе экспериментальных исследований с помощью макета РЛПЗ, использующего СШП сигнал со ступенчатой частотной модуляцией (параметр широкополосности более 50 % [2, с. 16]), выяснено, что наиболее целесообразным является окно, имеющее вид функции распределения Рэля. При таком способе обработки получается существенное улучшение контраста изображения, который можно регулировать путем изменения параметров окна — степени спада окна на краях и величины смещения его центра тяжести относительно центра.

Контраст сигнала на двумерном радиолокационном изображении (РЛИ) «дальность-номер кадра зондирования» оценивался путем расчета динамического диапазона сигнала по всему РЛИ. В результате использования предложенного метода обработки с использованием несимметричного окна Рэля получен выигрыш в контрасте изображения, который по сравнению с симметричным окном Хэмминга составил в среднем 50 % при зондировании через бетонную стену и 20 % при зондировании через кирпичную стену.

Список используемых источников:

1. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. Учеб. пособие / Под ред. К.Ю. Гаврилова. — М.: Радиотехника, 2020. — 264 с.

2. Избранные задачи теории сверхширокополосных радиолокационных систем / В.В. Чапурский. — 3-е изд., испр. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 279 [1] с. : ил.

## **Спутниковые навигационные системы**

Муродов Г.А., Муминов А.А., Валиев С.Э.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Коптев А.Н.

Самарский университет, Самара

Введение. В настоящее время авиационная навигация гражданской авиации и воздушных судов, находящаяся над водными поверхностями занимают важнейшее место в России и в мире и по этому, требуют особого внимания и внедрения разработки новых технологии в авиационном навигации для улучшения быстродействия и снижение рисков столкновения с другими летательными аппаратами.

Не считая того, интересы РФ как морской державы устанавливают необходимость развития гражданской авиации, отечественного аэрокосмического прогноза морей и океана, а ещё находящихся вокруг ее территорию, который является фактором международной стабильности и важным стратегическим объектом, например как вселенской океан, считается необходимым моментом интернациональной прочности и стратегического сдерживания.

XXI век отличается несколькими важными событиями, которые имеют значение для человечества в этот же ряд входит глобальные радионавигационные спутниковые системы позиционирования, которые становятся рядом широко используемых систем и систем массового обслуживания по «теория графов, теория алгоритмов, теория надёжности, теория оптимизации, теория автоматов, математическая теория, теория кодирования, теория принятий решения» [1].

В настоящее время для решения данной проблемы мы рассматриваем возможность получения модификации орбитальной группы (группировки) спутников GNSS, GPS, GIOVE, GLONASS и GALILEO в программной среде SCILAB. Исследование орбитального движения летательных аппаратов и спутников GNSS, GPS, GIOVE, GLONASS и GALILEO методом имитационное моделирование данный метод позволяет строить модификации на ПК в программном продукте, написанном в среде SCILAB.

Всякий летательный галактический установка источник особые навигационные сигналы на нескольких несущих частотах обеспечивавшей определение лишь только

заблаговременно данных координат, скорость и расположения по измерениям доплеровского смещения частоты излучаемого со спутников двухчастотного (150 и 400 МГц) радиосигнала, и еще также спутник дополнительно к доплеровскому двухчастотному источает ещё и импульсный радиосигнал на частоте в пределах 10 ГГц, длина волны которого оформляет в пределах — 3 см. В которых квадратурные элементы сигналы, передаваемых на всякой из несущих частот, сталкиваются фазовой манипуляции почти всеми разными дальномерными псевдослучайными последовательностями (ПСП). Конструкция в кое-каких из данных ПСП обработана и размещена, в соответствии с этим этот знак имеет возможность приниматься всеми покупателями. Конструкция иной части ПСП закрыта и труднодоступно обычным покупателям, в следствие этого этот знак доступен лишь только для приёма организмованным покупателям, коим конструкция ПСП популярна и имеют доступ к данным сигналам.

Главным достоинством данной системы является её предельная простота и предельная точность обработки информации. Основанные на этом принципе системы с использованием такого метода является одними из самых первых радионавигационных систем.

Вывод: В ходе выполнения этой статьи нами были приведены характеристики и принцип использования спутников GNSS, GPS, GIOVE, GLONASS и GALILEO, а также рассчитаны координаты, орбиты, скорости, время видимости и количество видимых летающих объектов, с помощью полученной информации с спутников GNSS, GPS, GIOVE, GLONASS и GALILEO в программной среде SCILAB. Данная статья нужна для развития гражданской авиации и ответственного аэрокосмического мониторинга океана и омывающих ее территорию морей.

Список используемых источников:

1. Кашкаров А.П. ДМК-Пресс, 2018 «Система спутниковой навигации ГЛОНАСС» <https://www.labyrinth.ru/books/617383/>
2. Богданов М.Р. ИД Интеллект «Применения GPS-ГЛОНАСС. Учебно-справочное руководство» технологии 2012г. <http://library.etu.ru> > Prise\_PB > IntellectEL2021
3. Беляев Н.Д., Ермаков В.С., Загрядская Н.Н., Михаленко Е.Б. «Глобальные системы позиционирования» ИКФ Каталог, Москва, 2002 г., 106 стр.
4. Дьяконов В. П. MATLAB, ДМК Пресс, 2012. — 768 с. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

## **Синтез нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решетки методом линеаризации**

Нефедов Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гринев А.Ю.

МАИ, Москва

Управление формой диаграммы направленности (ДН) фазированной антенной решетки (ФАР) является эффективным способом повышения устойчивости радио- и радиотехнических систем к помехам искусственного и естественного происхождения. Один из способов неадаптивной пространственной обработки сигнала ФАР заключается в формировании управляемых провалов — одного или нескольких нулей в ДН в заданных (априорно известных) направлениях при некоторых ограничениях: на падение коэффициента направленного действия (КНД), на возрастание уровня боковых лепестков (УБЛ) и др. Предложено и исследовано много численных методов решения задачи в такой постановке [1], среди которых выделяется группа чисто фазовых методов, не требующих воздействия на амплитуду сигналов, принимаемых элементами ФАР.

В докладе представлены результаты численных экспериментов с одним из таких методов — методом линеаризации, при котором формирование ДН с провалами в заданных направлениях осуществляется вычитанием из исходной ДН компенсационных ДН, направления максимумов которых совпадают с направлениями прихода помех. Распределение фаз возбуждения элементов ФАР, обеспечивающее помехозащищенный прием (формирующее ДН с провалом в направлении на помеху), должно незначительно

отличаться от исходного фазового распределения (например, максимизирующего КНД). Предположение малых вносимых фазовых возмущений позволяет разложить экспоненты в составе комплексных весовых коэффициентов в ряд Тейлора относительно искомым фазовых добавок и ограничиться линейными членами ряда. Такое разложение позволяет свести исходно нелинейную задачу к решению системы линейных алгебраических уравнений порядка  $2M$  ( $M$  — число формируемых нулей) относительно фазовых добавок [2].

Рассмотрены особенности метода, реализованного на языке программирования MATLAB. Для модели линейной ФАР (без учета взаимного влияния элементов и поляризации) представлены результаты синтеза ДН с одиночным нулем, с несколькими нулями для различных направлений, а также с несколькими близкорасположенными нулями для получения секторного провала в ДН. Проведен анализ зависимости глубины формируемых провалов от направления на помеху, от числа помех и числа разрядов квантования фазового распределения дискретными фазовращателями, а также изменения УБЛ и КНД исходной ДН, вызванного применением метода.

Список используемых источников:

1. Маничев А.О., Кондратьев А.С. Сравнительный анализ методов фазового синтеза нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки // Антенны. 2011. №9.
2. Steyskal H. Simple method for pattern nulling by phase perturbation // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. — 1983. — том AP-31. — №1. — С. 163–166.

### **Аналитическая тензорная модель информационного обмена в цифровой сети авиационной связи**

Подборцев А.В., Пономарев Н.М., Евсюков Д.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Межуев А.М.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Актуальность работы определяется необходимостью применения тензорного подхода к решению задач анализа и оценки эффективности информационного обмена (информационной эффективности) цифровых сетей авиационной связи (ЦСАС) для одновременного рассмотрения в процессе передачи информации структуры сети и протекающих в ней процессов, а также адекватного учета на сетевом уровне влияния дестабилизирующих факторов [1].

В ходе проведенных исследований разработана аналитическая модель ЦСАС, совмещающая три взаимосвязанных пространства системы: дискретное пространство-структуру, определяемое узлами коммутации (УК) и каналами связи (КС) между ними; пространство информационных потоков, характеризующее информационный обмен (ИО); пространство потоков помех, отражающее воздействие дестабилизирующих факторов [2].

Выполнено математическое описание информационных процессов и их преобразований в предлагаемой модели. Введена система координат (СК), описывающая модель идеальной примитивной сети одноканальных систем (ОС), для которой получены формулы поведения в виде формул Литтла в тензорной форме для потоков, подразделенные по осям буферных запоминающих устройствах (БЗУ) УК и КС. Особенностью разработанной модели идеальной примитивной сети ОС является то, что в состав моделей КС включены дополнительные составляющие в виде тензоров потоков и накоплений, математически описывающие влияние помех на эффективность ИО в ЦСАС.

Переход от подразделенной примитивной сети ОС к соединенной модели («новой» СК), отражающей структуру исследуемой ЦСАС, с геометрической точки зрения соответствует преобразованию СК. Значения основных параметров ИО в «новой» СК определяются с помощью тензоров преобразования, играющих центральную роль в тензорном анализе ЦСАС и осуществлении преобразований СК. Типовой тензор преобразования для соединенной модели ЦСАС имеет вид диагональной матрицы, сочетающей в себе элементы «старой» идеальной примитивной сети ОС (по столбцам) и «новой» соединенной модели (по строкам) СК. При этом в модели соединенной структуры также существует подразделение

на два типа ветвей: замкнутых контуров (mesh) собственно КС, из которых состоит топология системы, и, так называемых узловых пар, разомкнутых цепей (junction) УК-БЗУ. Решение уравнений поведения для соединенной модели ЦСАС осуществляется в два этапа: на первом — с использованием тензоров входных информационных и помеховых потоков рассчитываются накопления пакетов в УК ЦСАС. После чего по известным накоплениям определяются элементы тензоров выходных информационного и помехового потоков.

Применение разработанной аналитической модели ЦСАС обеспечивает на сетевом уровне оценку параметров дестабилизирующих воздействий показателем — удельные информационные потери в виде произведения количества потерянных пакетов на интенсивность потока повторных передач с учетом ограничений на пропускную способность КС и временную задержку. Это позволяет уточнить значения удельной интегральной нагрузки сети, определяемой произведением производительности сети и количества пакетов на хранении в БЗУ УК и обобщенного показателя оценки эффективности ИО в ЦСАС — коэффициента полезного использования (КПИ) возможностей сети по передаче и хранению информации. Дополнительной особенностью разработанной модели является процедура вычисления допустимой путевой задержки в системе, которая осуществляется на основе группы преобразований с использованием тензора путевых потоков [2].

Для проверки работоспособности предложенной аналитической тензорной модели при воздействии дестабилизирующих факторов разработаны алгоритм и программные модели оценки эффективности ИО в ЦСАС с наиболее распространенными базовыми структурами: «звезда», иерархическая, ячеистая, смешанная (ячеисто-иерархическая) и полносвязная (в средах моделирования Maple 15 и Borland Delphi 7). Анализ полученных результатов показал работоспособность полученной аналитической модели при оценке информационной эффективности ЦСАС — расхождения с оценками, полученными в классических имитационных моделях на основе систем массового обслуживания, не превысили 3%. Достоверность полученных результатов подтверждается соответствием результатам полученным в данной предметной области другими авторами, в частности совпадением с характером зависимостей общеизвестных аналитических моделей Л. Клейнрока [3]. Для каждой исследуемой модели ЦСАС определены области наиболее эффективного функционирования, которые могут быть использованы при решении задач комплексной многоконтурной адаптации сетей к изменениям интенсивности входного трафика и воздействию дестабилизирующих факторов [4].

Список используемых источников:

1. Межуев А.М. Тензорные методы в теории оценки информационной эффективности и анализа элементов цифровых радиосетей: монография. Тамбов: Интеграция, 2008. 262 с.
2. Межуев А.М., Пасечников И.И., Коренной А.В. Тензорная ортогональная модель с учетом влияния помеховой обстановки при оценке информационной эффективности инфокоммуникационных сетей // Радиотехника. 2018. № 10. С. 96 — 108.
3. Kleinrock, L. Queueing Systems: Problems and Solutions / L. Kleinrock, R. Gail // Wiley-Interscience, 1996. — 240 p.
4. Межуев А.М., Пасечников И.И., Коренной А.В. Методологические основы организации многоконтурной адаптации в сетевых информационных системах // Электромагнитные волны и электронные системы. 2019. № 4. С. 35 — 45.

## **Обзор основных свойств мультиразрядной компьютерной архитектуры**

Приходько Д.И.

Научный руководитель — Мокряков А.В.

РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва

В настоящее время существуют различные компьютерные архитектуры для решения задач по повышению надежности вычислительных систем при работе в различных условиях окружающей среды. Например, при организации работы датацентров используются системы резервного копирования, и дублирующие сервера. При работе вычислительных систем в экстремальных условиях окружающей среды, к которым относят условия открытого космоса

вопросы повышения надежности являются значительно более приоритетными по сравнению с производительностью.

Из истории решения проблем с техническими системами, которые использовались как приборы, системы навигации, и в том числе вычислительные системы, в настоящее время известны 2 способа [1] решения проблемы с надежностью:

1. Компоненты вычислительной системы дублируются. Это позволяет при накоплении повреждений в компонентах системы, обеспечить работоспособность с помощью проведения замены. Замена производится до тех пор, пока оставшихся дублеров достаточно для поддержания работоспособности системы на требуемом уровне качества.

2. Вычислительная системы проектируется с избыточным функционалом. Этот подход основан на том, что в систему изначально закладывается максимальный функционал, и по мере повреждений, отключаются не критические компоненты. Отключение избыточного функционала производится до тех пор, пока оставшегося функционала системы достаточно для поддержания работоспособности системы на требуемом уровне качества.[2]

Оба способа позволяют продлить работоспособность вычислительной системы в течении некоторого периода времени, однако для организации работы вычислительной системы в космических условиях второй подход является более предпочтительным, т.к. позволяет заблаговременно заложить дополнительную устойчивость в работу вычислительной системы в космических условиях.

Для решения задачи по повышению надежности вычислительных систем, работающих в космических условиях, по второму способу предназначена мультиразрядная компьютерная архитектура [3], которая обладает следующими ключевыми особенностями:

1. Используемые контроллеры на материнской плате способны работать на нескольких режимах работы, и т.ж. дополнительно продублированы.

2. Первичные операционные системы на компьютерах доработаны с учетом пункта 1.

3. Используются доработанные особым образом микропроцессоры и микроконтроллеры.

4. Используется доработанная особым образом операционная система, которая сможет работать на выбранных режимах микропроцессора.[4]

5. Используются доработанные ОЗУ, жесткие диски, видеокарты.

Таким образом, описанные ключевые особенности мультиразрядной компьютерной архитектуры, позволяют решить задачу повышения надежности вычислительной системы при работе в космических условиях.

Список используемых источников:

1. Артюхова М.А., Кулыгин В.Н. Разработка автоматизированной системы обеспечения радиационной стойкости бортовой аппаратуры космических аппаратов. Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 323-324.

2. Приходько Д.И. Разработка и оптимизация методов эксплуатации информационных систем как этапа их жизненного цикла с учетом воздействия агрессивной внешней среды: дис. Магистерская: 01.04.02 — Ргу им. А. Н. Косыгина, Москва, 2021 — 204 с.

3. Приходько Д.И., Мокряков А.В., Горшков В.В. Модель мультиразрядной компьютерной архитектуры, предназначенной для космических условий и ее ключевые особенности. Авиакосмическое приборостроение. 2022. № 11. С. 29-38.

4. Приходько Д.И., Мокряков А.В., Горшков В.В. Обзор базовых механизмов мультиразрядных операционных систем, предназначенных для эксплуатации в космических условиях. .Авиакосмическое приборостроение. 2022. № 12. С. 39-48.

## **Моделирование алгоритмов сверхразрешения для четырехэлементной цифровой антенной решетки**

Савченко В.Н.

Научный руководитель — Снастин М.В.

МАИ, Москва

В настоящее время идет активная разработка и внедрение беспилотных летательных аппаратов, в том числе малагабаритных, не только в военной, но и в гражданской сфере. В большинстве случаев они недостаточно оснащены радиоэлектронным оборудованием, особенно навигационным и связным, в состав которых входит антенная система. В качестве такой системы должна применяться цифровая антенная решетка (ЦАР), позволяющая реализовать оптимальные и квазиоптимальные алгоритмы обработки сигналов, в том числе современные методы сверхразрешения источников радиоизлучения. В отличие от классических методов пеленгации, разрешающая способность которых имеет ограничение согласно критерию Рэлея, с помощью данных алгоритмов можно оценивать угловые координаты сколь угодно близкорасположенных целей при отношении сигнал/шум, стремящемся к бесконечности. Число распознаваемых целей зависит от количества элементов в антенной решетке.

В результате проведенных исследований рассмотрена возможность реализации известных алгоритмов для четырехэлементной антенной решетки. Выполнено компьютерное моделирование нескольких методов пеленгации целей, в том числе метода сканирования лучом (метод Фурье), многосигнальной классификации (MUltiple SIgnal Classification MUSIC) и метод Кейпона [1-2]. Произведено сравнение разрешающей способности исследованных алгоритмов в зависимости от отношения сигнал/шум и размера принимаемой выборки. Рассмотрена точность пеленгации источников радиоизлучения с учетом и без учета диаграммы направленности антенной системы, а также в условиях присутствия когерентного помехового сигнала.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0005.

Список используемых источников:

1. Кейпон, Дж. Пространственно-временной спектральный анализ с высоким разрешением / Дж. Кейпон // ТИИЭР. — 1969. — Т. 57. № 8. — С. 59-69.
2. Schmidt, R.O. Multiple emitter location and signal parameter estimation / R.O. Schmidt // IEEE Trans. Antennas Propagat. — 1986. — V. 34. No. 3. — P. 276-280.

## **Использование алгоритмов слепого разделения сигналов при приеме сигналов с QAM модуляцией в условиях помех**

Тяпкин П.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Важенин Н.А.

МАИ, Москва

В современных высокоскоростных системах передачи информации широко используется технология ММО, что позволяет применять алгоритмы слепой обработки сигналов с целью повышения помехоустойчивости систем связи от воздействия помех. В связи с этим представляет интерес анализ использования методов слепой обработки сигналов при приеме сигналов с различными методами модуляции.

Методы слепой обработки сигналов являются перспективной областью, которая позволяет разделять независимые между собой сигналы из принятых смесей при априорной неизвестности относительно параметров канала, а также параметров и характеристик сигналов. Алгоритмы слепой обработки основаны на применении статистических методов высоких порядков и являются нейросетевыми. Доказана эффективность применения методов слепой обработки сигналов в областях медицины, геологии и цифровой обработки сигналов. В настоящее время недостаточно глубоко проработан вопрос применения методов слепой

обработки сигналов при борьбе с помехами в системах связи с многопозиционной квадратурной амплитудной модуляцией.

С использованием имитационного моделирования радиосистемы передачи информации с M-QAM модуляцией была исследована применимость методов слепого разделения сигналов для борьбы с помехами. В качестве помех были рассмотрены импульсные шумовые и квазигармонические помехи. При проведении анализа варьировались величины битового отношения сигнал-шум, отношения помеха-сигнал и скважности помехи. В качестве алгоритмов слепой обработки сигналов применялись алгоритмы SOBI, EFICA и Extended EFICA. В результате моделирования были получены графики зависимости вероятности битовой ошибки от битового отношения сигнал-шум для разных значений отношений сигнал-помеха и скважности помехи. Предложены и проанализированы несколько промежуточных критериев качества разделения.

Результаты имитационного моделирования показали, что использование методов слепой обработки при приеме сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией позволяет повысить достоверность передачи информации в условиях воздействия импульсных шумовых и квазигармонических помех. Получены количественные оценки энергетического выигрыша от использования слепых методов при M-QAM модуляции.

### **Разработка частотно-импульсного модема для передачи информации по сетям бытового электропитания**

Шматок А.Н.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

В настоящее время ввиду активного развития беспроводных технологий достаточно актуальной стала проблема зашумления частотного диапазона и, как следствие, ухудшение условий работы беспроводных линий связи. В частности, в случае применения в системах «умный дом» приёмно-передающих радиоуделей, увеличение их числа неизбежно приведет к заполнению каналов и нарушениям в связи.

Возможным решением становится использование проводной передачи информации с использованием существующих сетей электропитания, так как большинство бытовых устройств имеет постоянное подключение к сети. В прошлом уже разрабатывались протоколы для проводной передачи данных в системах бытового электропитания, к примеру, стандарт X10. Однако такие протоколы имеют довольно малую пропускную способность, так как передавали сигнал только когда силовой сигнал сети электропитания близок к нулю. Также из-за большого роста количества бытовых устройств, вносящих высокий уровень помех, использование прошлых стандартов не представляется возможным. За последнее время вносимые в бытовую сеть электропитания помехи изменили свою природу. Помехи имеют различное происхождение. Их появление может быть связано с нарушениями работы сети электропитания из-за неоднородного спроса на электроэнергию в различное время суток. Также любой бытовой прибор вносит свои помехи в сеть электропитания при эксплуатации. Помимо этих источников помехи вносят наводки радиосигналов различных частот, в том числе и низких, а также тепловые шумы электротехнической инфраструктуры. Все эти факторы влияют на передачу информационно-сигналов по сети питания на различных частотах.

Для передачи и приема информационно-сигналов по сети электропитания необходимо выделить область спектра, которая наименее подвержена помехам со стороны бытовых приборов, используемых повсеместно.

Для снятия сигнала бытовой сети электропитания был разработан и изготовлен прибор, способный записывать восьмисекундные выборки сигнала с частотой дискретизации 300 кГц. Оценку спектра вносимых в сеть помех со стороны конкретных приборов можно провести следующим образом. Необходимо записать выборку до включения прибора в сеть в непосредственной близости к прибору. Затем отключить исследуемый прибор и записать

выборку сигнала сети электропитания без него. Разность амплитудных спектров этих сигналов и будет являться вносимым спектром помех от конкретного электроприбора.

Полученные в результате анализа экспериментальных данных сведения позволили сформировать требования к системе передачи информации. Рабочий диапазон частот (45–110 кГц) был разделен на несколько поддиапазонов, в которых вероятность появления помех наименее вероятна.

Для модуляции и демодуляции сигналов используется двухтональная модуляция с переносом частоты на наименее зашумленный диапазон. В принципиальной схеме модулятора используется микросхема для генерации DTMF-модулируемого сигнала, микросхема для переноса частоты на диапазоне 65–75 кГц, а также фильтр для исключения накладывания сигнала на другие участки спектра.

Использование проводной связи позволит удешевить системы умных домов, сделает использование более скоростных протоколов передачи данных более эффективным. Использование более низких частот позволяет увеличить дальность проводной передачи данных. Это актуально для больших помещений или помещений, удаленных друг от друга. Дальность передачи данных может быть увеличена по сравнению с аналогами, которые используют более высокие частоты для передачи данных.

Список используемых источников:

1. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах». // Перевод с английского. Под редакцией доктора физ-мат наук В. Г. Губанкова. Москва «Мир» 1986.
2. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах // Перевод с английского Бронина Б. Н. Под ред. к. т. н. Гальперина Н. В. Москва «Мир» 1979.
3. Цицикян Г. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике // Учебное пособие. Санкт-Петербург 2006.
4. Зимин В. В. Промышленные сети // Нижний Новгород 2006.

## **Секция №4.2 Технологии производства радиоэлектроники**

---

### **Предварительное прототипирование СВЧ устройств с использованием аддитивных технологий**

Бадаев П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кондратьева С.Г.

МАИ, Москва

В настоящее время аддитивные технологии открывают новые способы производства. Метод добавления материала всё больше набирает популярность относительно более классического метода «снятия» материала.

Цель данной работы — изучение возможности прототипирования антенн и устройств СВЧ с использованием технологий 3D-печати и дальнейшего создания токопроводящего покрытия на диэлектриках.

К преимуществам данной технологии можно отнести:

1. Снижение времени на изготовление прототипа. Данный прототип можно изготовить самостоятельно, без использования сложного оборудования, что сокращает временные издержки при заказе прототипа на контрактном производстве.

2. Снижение стоимости используемых материалов и заготовок. При изготовлении устройств СВЧ методом снятия материала стоимость заготовок достаточно велика относительно 3D печатного метода изготовления. Так же, регулируя степень заполнения конструкции, масса и количество затрачиваемого материала снижается.

3. Снижение стоимости обработки материала при изготовлении прототипа. Стоимость использования фрезерной и токарной обработки на станках достаточно велика по сравнению с 3D печатными технологиями. Также стоит отметить, что повторный запуск аддитивных станков значительно проще, чем запуск металлообрабатывающих. В большинстве случаев при 3D печати изготовление дополнительной «оснастки» не требуется, что снижает затраты.

4. Аддитивные технологии позволяют изготавливать детали со сложной геометрией, которые не способны изготовить токарные и фрезерные станки или заменяют необходимость использования множества технологических операций по их изготовлению.

5. Лёгкая корректировка и внесение изменений в конструкцию изделия. При производстве можно остановить в любой момент и избежать напрасной траты материала. Так же можно произвести пробную печать изделия в различном масштабе и визуально оценить и внести корректировки в конструкцию.

Таким образом, в работе приведен способ изготовления антенны методом 3D печати с последующей гальванизацией. Проведено сравнение изготовленной модели с оригиналом, изготовленным с помощью металлообработки, что позволяет оценить перспективы использования аддитивных технологий при прототипировании антенн и устройств СВЧ.

Список используемых источников:

1. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны. // Издательство: Радиотехника 2006.

2. Казначей Б.Я. Гальванопластика в промышленности.// Государственное издательство местной промышленности РСФСР 1955.

### **Исследование влияния зазоров волноводного тракта электромеханического антенного переключателя на его электромагнитные характеристики**

Боцкалев Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Матвеев А.М.

МАИ, Москва

Объектом исследования является антенный электромеханический переключатель X-диапазона. Выбранное для исследования изделие используется в составе радиолокационных систем авиационного базирования и предназначено для переключения антенны с приема на передачу.

Необходимость правильного определения точности изготовления составных частей радиотехнического изделия обусловлено скин-эффектом. Высокочастотный ток протекает в тонком приповерхностном слое волноводного тракта. При наличии зазоров между деталями, может происходить проникновение тока в эти зазоры, что приведет к потерям электромагнитной энергии. Правильно подобранные допуски на размеры позволяют упростить процесс изготовления устройства, обеспечив требуемые значения электромагнитных характеристик. Значение допусков на размеры должны соответствовать указанным в ГОСТ 25347-82.

Методика исследования заключается в изменении допусков на размеры основных составных изделий (корпус и ротор) в месте их сопряжения с последующим моделированием и оценкой электромагнитных характеристик устройства (КСВ, коэффициенты передачи и т.п.). Модель электромеханического коммутатора собрана в САПР SolidWorks, затем импортирована в среду CST Microwave для проведения расчетов.

По результатам расчетов сделаны следующие выводы:

1. В идеальном случае при отсутствии зазора КСВ в открытом канале составляет 1,08, что является наилучшим полученным значением. Однако при отсутствии зазора будет происходить заклинивание переключателя ввиду температурного коэффициента расширения материала корпуса и ротора.

2. При величине максимального зазора 140 мкм и минимального 30 мкм (соответствует квалитетам js9, E9) значение КСВ в открытом канале будет составлять 1,3 (потери менее 10%). Благодаря наличию минимального зазора между деталями не будет происходить заклинивания.

Список используемых источников:

1. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. — М. Издательство МЭИ, 2011

## **Перспективные антиадгезионные покрытия для полимерных материалов на основе фторуглеродных плёнок**

Войтухов М.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

Развитие антимикробных покрытий играет огромную роль в современной науке и технике, потому что воздействие природных факторов в процессе эксплуатации отрицательно влияет на полимерные материалы вследствие биодеструкции и прочих факторов. Основным назначением антимикробной поверхности является предотвращение роста биоплёнки или адгезирования единичных микроорганизмов. Антимикробное покрытие создает неблагоприятные условия для размножения микроорганизмов, в частности, антиадгезионная поверхность не позволяет микроорганизмам закрепиться на модифицированном покрытии из-за специфического рельефа и прочих параметров поверхности [1].

На сегодняшний день, антибактериальные поверхности используются во многих сферах нашей повседневной жизни, таких как:

- Авиация и космонавтика (конструкционные материалы и аппаратура);
- Пищевая промышленность (полимерная упаковка);
- Радиотехника и электроника (электроизоляционные материалы, конструкционные материалы);
- Медицина (хирургические инструменты, имплантаты, чистые помещения и пр.).

Формирование антиадгезионных покрытий на поверхности полимерного материала происходит с помощью ионной-плазменной модификации в вакууме. На первом этапе производится ионная обработка поверхности с помощью бомбардирующих ионов фторсодержащего газа. На втором этапе происходит формирование покрытия с помощью двухкомпонентной газовой смеси (углеродородного компонента C6H12 (циклогексан —

компонент для нанесения пленок) и фторуглеродного компонента CF<sub>4</sub> (тетрафторметан — компонент для травления) в пропорциях 40% на 60% или наоборот), которая и придает модифицированной поверхности антиадгезионные свойства [2]. В процессе исследований была разработана технология формирования антиадгезионных покрытий, которая является универсальной по отношению ко всем используемым микроорганизмам (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*). Максимальное сохранение антиадгезионных свойств наблюдается в течение 12 и более месяцев на образцах, сформированных в области «переходных» процессов [3]. Таким образом, антиадгезионные покрытия являются перспективным направлением для развития антимикробных материалов в различных сферах науки и техники.

Список используемых источников:

1. Elinson V. M., Shchur P. STUDY OF THE SURFACE OF ANTIMICROBIAL BARRIER LAYERS BASED ON FLUOROCARBON AND CARBON FILMS //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. . — 2022. — Т. 4. — V. 26. — С. 11-26.
2. Щур П.А. Фторуглеродные антиадгезионные покрытия для пролонгированной защиты полимерных материалов от воздействия микроорганизмов в авиации и космонавтике // Тезисы 20-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика». — 2021. — С. 532-534.
3. Елинсон В.М, Аболенцев А.С., Ходырев Т.В., Щур П.А. Влияние поверхностного заряда электретов на грибовстойкость фторуглеродных полимерных материалов // Наноиндустрия . — 2022. — Т. 15. — №. 2(112). — С. 106–113.

**Применение витрин данных на основе технологии Hadoop при обработке измерительной информации подсистемой мониторинга распределенной информационно-телекоммуникационной сети  
Министерства транспорта России**

Груздев А.А., Будко Н.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васильев Н.В.

РТУ МИРЭА, Москва

В исследовании представлено использование так называемых «витрин данных» на примере подсистемы мониторинга информационно-телекоммуникационной сети общего пользования Федеральных агентств Росавиация, Росморречфлот, Росжелдор и Росавтодор Министерства транспорта Российской Федерации. Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) осуществляется на ситуационном центре Минтранса, оборудованного хранилищем больших данных Hadoop с выделением на его основе «витрины данных» посредством OLAP-кубов и средств выборки данных и их визуализации.

На сегодняшний день технология Hadoop представляет из себя основополагающую технологию хранения и аналитики больших объемов данных (Big Data), фактически реализуемую на распределенной базе данных (со своей инфраструктурой сбора данных), в которую «сбрасывают» данные различные поставщики. Она имеет стандартизированные интерфейсы представления данных, которые хранятся по технологии «ключ-значение» [1-3]. При этом «ключ» характеризуется конкретным устройством (элементом) распределенной информационно-телекоммуникационной сети и параметрами, описывающими его функционирование, а «значение» — временными рядами измерительной информации со значениями параметров, снимаемыми с этого устройства (элемента сети) во времени.

Особенность технологии Hadoop состоит в том, что данные (измерительная информация) можно собирать со всей распределенной сетевой инфраструктуры и систематизировать в виде так называемых «витрин данных», например с помощью OLAP-кубов (OLAP — On-line Analyzing Processing), формируемых от нескольких распределенных серверов мониторинга, работающих под системами сетевого мониторинга (Prometheus, Zabbix и пр.). Т. е. для аналитики больших объемов данных требуется не отдельный сервер мониторинга, а их совокупность, в которой данные реплицируются во времени.

При этом Nadoop предоставляет Spark-платформу [1] разработки приложений аналитики данных. Например, на Spark можно разработать сценарий для сбора данных от элементов распределенной информационно-телекоммуникационной сети. Для графо-аналитических расчетов (аналитика на основе граф-метрик) необходимы наборы данных (Dataset), которые включают трафик, значения параметров (измерительную информацию) о состоянии элементов, собранные с распределенной сетевой инфраструктуры, а не только данные, проходящие через маршрутизатор доступа (граничный маршрутизатор). Nadoop позволяет сформировать такой набор. Араг Spark (входящий в Nadoop) осуществляет расчет граф-метрик для реализации аналитики поведения (состояния) распределенной сети.

Список используемых источников:

1. D'Alconzo A., Drago I., Morichetta A., Mellia M., Casas P. A Survey on Big Data for Network Traffic Monitoring and Analysis. [Электронный ресурс] arXiv:2003.01648v1 [cs.DC] 3 Mar 2020. Текстовые дан. — Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/339674996> свободный.
2. Емельянов А. Мониторинг сервисов с Prometheus. [Электронный ресурс] Текстовые дан. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/selectel/blog/275803> свободный.
3. Мокшина О. Как базы данных «ключ-значение» обеспечивают производительность и масштабируемость без границ. [Электронный ресурс] Текстовые дан. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/685402> свободный. (Дата обращения 22.01.2023).

### **Защита замедляющих систем ламп бегущей волны космического назначения от разрушающего воздействия электронных потоков на этапах технологических испытаний в процессе производства**

Емелин И.А., Евтушенко В.А., Рахматулин М.В.

Научный руководитель — к.т.н. Шалаев П.Д.

АО «НПП Алмаз», Саратов

Лампы бегущей волны (ЛБВ) космического назначения относятся к наиболее надёжным приборам этого типа. Это справедливо для приборов, прошедших весь технологический цикл изготовления, включая все виды технологических и приёмо-сдаточных испытаний. Однако, в процессе производства существуют риски потери работоспособности ЛБВ. В докладе показано как эти риски связаны со стадиями обезгаживания деталей во внутреннем объёме ЛБВ, надёжностью технологического оборудования и случайными факторами изменения параметров магнитной периодической системы (МПФС) в процессе предварительных динамических испытаний. Показано, что на начальной стадии, когда ещё не завершена электронная очистка от газов поверхности внутренних электродов ЛБВ, наибольшая доля рисков вызвана высоковольтными междуэлектродными пробоями в газах. На поверхности внутренних электродов ЛБВ при давлении 10-5 Па (10-7 мм.рт.ст.) количество атомов газов может быть в 104-105 раз больше, чем в её свободном внутреннем объёме. Поэтому при оседании электронного потока на электроды во время предварительных динамических испытаний могут возникать условия междуэлектродного пробоя, подробно представленные в [1].

Как установлено практически, при производстве ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн вероятность аварийного отключения ЛБВ из-за внутри ламповых пробоев в процессе предварительных динамических испытаний этих приборов возрастает многократно по сравнению с приборами сантиметрового диапазона.

В докладе приводятся наиболее вероятные причины и следствия аварийных отключений ЛБВ со спиральными замедляющими системами (ЗС), зафиксированные при их производстве. Сообщается, почему при этом наибольшему риску нарушения целостности конструкции подвергаются спирали ЗС. Рассмотрены и обоснованы требования, которые предъявляются к технологическому оборудованию в части защиты ЗС от воздействия электронных потоков с энергиями, превышающими предельно допустимые.

Список используемых источников:

1. И.Н. Сливков, В.И. Михайлов, Н.И. Сидоров, А.И. Настюха Электрический пробой и разряд в вакууме // М: Атомиздат. 1966. С. 298.

## **Исследование изменения адгезионных свойств проводящих поверхностей печатных плат после обработки коронным разрядом**

Захаров Ф.А., Простодушев А.О., Быстров С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шарапов Н.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Создание в России современного высокотехнологичного производства требует развития перспективных технологических решений. Технология обработки поверхности коронным разрядом перспективна для внедрения в различные сектора отечественной промышленности: машиностроение, авиастроение, текстильную и пищевую промышленность, производство электроники. В настоящей работе экспериментально определяется эффективность технологии по активации проводящих поверхностей печатных плат коронным разрядом.

Цель работы — экспериментально определить изменение адгезии проводящей поверхности печатной платы после ее активации коронным разрядом.

В качестве испытуемых образцов, имитирующих необработанные монтажные площадки печатной платы, выступали пластины фольгированного стеклотекстолита, предварительно обработанные наждачной бумагой с зернистостью 400 и ацетоном. Коронный разряд зажигался между графитовым катодом и алюминиевым анодом с находящимся между ними испытуемым образцом на расстоянии 1,3 см от катода. Разряд зажигался в воздушной среде при помощи высоковольтного высокочастотного источника питания с возможностью управления мощностью. Обработка образцов производилась на протяжении 30 и 60 секунд при мощности разряда 30 Вт. Измерение адгезии поверхности определялось статическим измерением угла смачивания капли воды, нанесенной на разные участки поверхности образца.

Максимально изменение угла смачивания наблюдалось в серии экспериментов со временем обработки 60 секунд и мощностью 30 Вт, угол изменился с 83 до 30 градусов в зоне обработки 1,5 — 2,0 см<sup>2</sup>. Полученные данные позволяют сделать вывод об увеличении адгезионных свойств обрабатываемых образцов более чем в 2,5 раза. Данный эффект сохранялся более 4 часов.

В процессе проведения работы экспериментально установлена нелинейность зависимости изменения угла смачивания от мощности разряда и времени обработки. В дальнейших исследованиях предполагается более детальное изучение изменения адгезионных свойств обрабатываемой поверхности от параметров разряда.

## **Лазерная система посадки БПЛА вертолетного типа**

Киселев И.В.

Научный руководитель — Картуков А.В.

МАИ, Москва

В работе рассматривается лазерная система посадки беспилотных летальных аппаратов (БПЛА) вертолетного типа. Такие БПЛА не всегда могут осуществить маневр посадки с высокой степенью безопасности как в ручном, так и в автоматическом режиме, в случаях посадки на неподготовленную или ограниченную поверхность, а также при ее осуществлении в условиях ограниченной или недостаточной видимости.

У лазерной системы имеется ряд преимуществ по сравнению с другими системами:

- Имеет высокую точность измерения и помехозащищенность;
- Не требует дополнительных оснащений радиолокаторами или радиомаяками, как это требуется в радиотехнической или радиомаячной системе;
- Отличается меньшими габаритами;
- Проще поддается автоматизации.

Рассматриваемая лазерная система посадки построена на малоканальной системе технического зрения, информация в которую поступает в виде отраженного импульсного сигнала от подстилающей поверхности. В обработанном сигнале выделяется информация о высоте, скорости снижения и углах наклона БПЛА, подстилающей поверхности и ее границах. Выделенная информация передается в систему управления БПЛА автоматически или в ручном режиме посадки. Малоканальные координатно-чувствительные фотоприемники позволяют работать с модулированными оптическими сигналами, что повышает помехоустойчивость всей системы посадки БПЛА и скорость обработки поступающей информации.

Лазерная система излучателей работает в синхронном режиме с фотоприемником, поочередно излучает импульсы в направлении подстилающей поверхности под углом к вертикальному положению БПЛА. Сигнал, отраженный от поверхности, попадает через объектив на матричный четырехканальный фотоприемник, после чего сигнал усиливается и попадает на АЦП. После оцифровки сигнала и вычисления параметров посадки, полученные значения анализируются и принимается решение о дальнейших действиях при посадке БПЛА.

Предлагаемую систему можно применять для летательных аппаратов вертолетного типа как в автоматическом беспилотном, так и в пилотируемом режиме на неподготовленные подстилающие поверхности.

Список используемых источников:

1. Козинцев В.И., Белов М.Л., Орлов В.М., Городничев В.А., Стрелков Б.В. Основы импульсной лазерной локации // МГТУ имени Н.Э. Баумана. 2006. — 512с.
2. Меркишин Г.В. Многооконые оптико-электронные датчики линейных размеров. — М.: Радио и связь, 1985. — 186 с.
3. В.Е. Карасик, В.М. Орлов Локационные лазерные системы видения // — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, — 478, [2] с.

## **Применение венгерского алгоритма для проектирования платы связи тестируемой СБИС с тестовым оборудованием**

Лягин И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Назаров А.В.

МАИ, Москва

Разработка интерфейсных плат (DUT-плат), реализующих связь между тестируемой СБИС и испытательным оборудованием, представляет собой трудоемкую «ручную» процедуру, требующую до двух недель кропотливого ручного труда специалистов, занимающихся производством СБИС. Постоянный рост интеграции СБИС, которая на сегодняшний день уже превысила  $10^9$ , только усугубляют ситуацию. Дополнительные проблемы возникают при поиске ошибок в топологии DUT-плат, связанных с субъективным характером этого процесса.

Данная работа посвящена разработке автоматического решения этой задачи, а именно разработке алгоритма, который обеспечивает отсутствие пересечений дифференциальных пар при их трассировке. В основу решения данной задачи положен критерий максимального пересечения бинарных ребер графа, моделирующего набор дифференциальных пар DUT-платы.

Проектирование DUT-платы приходится выполнять каждый раз заново при поступлении в производство новой серии СБИС, либо, при смене единицы тестирующего оборудования на предприятии, отсюда возникает ряд проблем. В настоящей работе решается задача автоматизации наиболее трудоемких операций в общем цикле автоматизированной подготовки тестового решения для функционального контроля СБИС — операции назначения выводов на каналы тестера. Полная автоматизация этой операции позволит устранить субъективный фактор при ее выполнении, существенно снизить трудоемкость

устранения конфликтных ситуаций при их возникновении и значительно ускорить написание технического задания на разработку интерфейсной платы.

Поскольку современные СБИС имеют большое количество контактов, использование стандартных алгоритмов перебора вариантов не эффективно. Решение методом соединения ребер, пересортированных по не убыванию их длины, так же не подходит, так как остается большое количество пересечений — что значительно ухудшает качество производимых DUT-плат.

Задачу решает применение венгерского алгоритма используя в качестве критерия количество пересечений очередного ребра с ребрами, моделирующими остальные паросочетания. Окончательный вариант решения задачи назначения показывает, что полученный вариант назначения, во-первых, единственный, и, во-вторых, не имеет пересечений ребер.

Показано, что решение этих проблем у инженеров, разрабатывающих электрическую оснастку, отнимает много времени и требует предельной концентрации внимания. При этом каждый инженер может использовать те средства, которые считает наиболее удобными, что ведет к усложнению процесса проверки полученных данных. Предложен оригинальный маршрут проектирования оснастки, который выводит проектирование на качественно новый уровень.

Список используемых источников:

1. Федоров В. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств: Руководство по методикам и технологиям проведения испытаний РЭС/ В.К.Федоров; Сергеев Н.П., Кондрашин А.А.-Москва: Техносфера, 2005.— 504 с.

2. Смирнов К.К., Бубнова М.Д. Среда для подготовки программ функционального контроля. Труды НИИ системных исследований РАН, 2014, Том 4 № 1, с. 32–39.

### **Моделирование алгоритма обработки многопозиционной РЛС малой дальности действия для обнаружения и определения местоположения подвижных целей**

Митькин М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Каменский И.В.

МАИ, Москва

Рассмотрена задача обнаружения и определения местоположения живых людей при вертикальном зондировании через оптически непрозрачные среды с помощью МП РЛС малой дальности действия.

Дальность действия РЛС малой дальности выбрана в соответствии с размерами помещений по высоте (чаще всего не более 15 м). При вертикальном зондировании работа РЛС обеспечивается через пол или потолок.

В состав РЛС входят четыре приёмо-передающих антенны, которые работают независимо друг от друга. Обнаружение целей и определение их местоположения происходит за счет совместной обработки сигналов всех приемных позиций. Сигналы каждого приёмного канала, отраженные от цели представляют собой набор векторов с комплексными отсчетами в течение одного периода зондирования.

В модели РЛС малой дальности используется СЧМ-сигнал, обеспечивающий разрешающую способность по дальности не хуже 0,08 м. с центральной частотой 2 ГГц, полосой частот 1-2 ГГц. В разработанном алгоритме формирование радиолокационных изображений основано на использовании суммарно-дальномерного метода при сжатии СЧМ-сигнала с помощью алгоритма ДПФ. Результаты обработки принятых отраженных сигналов представляют собой набор двумерных РЛИ (матриц), каждое из которых соответствует РЛИ горизонтальных сечений зондируемого помещения от уровня пола до уровня потолка с шагом формирования от 5 до 50 см. Выбор шага формирования сечений РЛИ обусловлен размерами цели и сутью задачи. Рассмотрена когерентная, некогерентная и

мультипликативная обработка сигналов. Проведен расчёт функции отклика одиночной подвижной цели, расчёт РЛИ в случае нескольких подвижных целей. Исследовано оптимальное геометрическое расположение ППИМ на плоскости.

Компьютерное моделирование РЛС малой дальности на основе разработанного алгоритма позволяет найти наиболее подходящие параметры СЧМ-сигнала, геометрии расположения приёмно-передающих позиций РЛС относительно друг друга, наиболее подходящие размеры шага сетки матрицы, обеспечивающего необходимую точность измерения координат целей, а также приемлемые размеры наборов двумерных матриц-кадров, провести оценку значения отношения сигнал-шум и его зависимости от положения цели в пространстве и ее отражательной способности, для построения алгоритмов обнаружения целей и расчета их характеристик обнаружения.

Предложенный алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Построение двумерных матриц отраженных сигналов для каждого горизонтального сечения пространства с определенным заданным шагом;
2. Вычисление среднего значения сигнала для каждого элемента дальности, выполняемое по всем кадрам. В качестве среднего значения используется медиана, являющаяся более устойчивой к «выбросам» оценкой в сравнении со средним значением;
3. Вычисление квадрата разности текущего кадра из предыдущего;
4. Вычисление решающей статистики для каждого элемента дальности;
5. Решение о наличии цели принимается в случае превышения значения сигнала в элементе дальности ПУЛТ порога с заданными параметрами.

Список используемых источников:

1. Moeness G Amin. Through the wall radar imaging. // Boca Raton: CRC Press, 2011.
2. Jun Pan, Shengbo Ye, Cheng Shi. 3D imaging of moving targets for ultra-wideband MIMO through-wall radar system. // IET Radar, Sonar & Navigation №4, 2020.
3. Гаврилов К.Ю., Каменский И.В., Кирдяшкин В.В., Линников О.Н. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. // М.: Радио-техника, 2020.
4. Гаврилов К.Ю., Игонина Ю.В., Линников О.Н., Панявина Н.С. Оценка разрешающей способности по дальности при использовании сигналов со ступенчатой частотной модуляцией. // «Информационно-измерительные и управляющие системы» №5, 2015.
5. Кондратьев В.С., Котов А.Ф., Марков Л.Н. Многопозиционные радиотехнические системы. // М.: Радио и связь, 1986.

### **Особенности технологических процессов корректировки параметров магнитного поля в лампах бегущей волны миллиметрового диапазона длин волн юстировкой магнитной периодической фокусирующей системы на этапе предварительных динамических испытаний**

Рахматулин М.В., Белова А.А., Бужинская Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Шалаев П.Д.

АО «НПП Алмаз», Саратов

Электронно-оптические системы (ЭОС) вместе с магнитными периодическими фокусирующими системами (МПФС) ламп бегущей волны (ЛБВ) предназначены для создания электронных потоков и обеспечения прохождения их в пролётных каналах замедляющих систем (ЗС) в коллектор электронов. Важным показателем качества работы ЭОС и МПФС является коэффициент, показывающий какая доля электронного потока достигла и осталась в коллекторе. Этот коэффициент равен отношению тока коллектора ЛБВ к полному току электронного потока. В различных режимах работы ЛБВ часть электронного потока оседает на внутренней поверхности пролётного канала ЗС. Это приводит к появлению тока ЗС и повышению её температуры за счёт преобразования кинетической энергии электронов в тепло. Поэтому при производстве ЛБВ стремятся максимально увеличить долю электронов, достигших и оставшихся в коллекторе. На практике принято говорить «увеличить токопрохождение». Как показано на образцах ЛБВ космического

применения S-диапазона токопрохождение в режиме насыщения выходной мощности может достигать 98% [1].

На предварительные динамические испытания поступает ЛБВ после откатки и сборки с магнитной периодической фокусирующей системой (МПФС). Прохождение электронного потока в пролётном канале ЗС обеспечивается знакопеременным периодическим магнитным полем МПФС [2]. Вектор индукции магнитного поля МПФС направлен вдоль оси МПФС и ЗС.

В ЛБВ сантиметрового диапазона длин волн, при первом включении ЛБВ в режим близкий к режиму эксплуатации, обычно отмечается, что ток коллектора достигает на разных экземплярах ЛБВ 30-70% от полного тока (токопрохождение равно 30-70%). Практика работы с ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн показала, что токопрохождение в этих приборах при первом включении ЛБВ в режим близкий к режиму эксплуатации достигает 20% только на небольшом количестве экземпляров, при этом довольно часто фиксируется вообще нулевое токопрохождение. Это связано с тем, что диаметры пролётных каналов ЗС ЛБВ миллиметрового диапазона в 1,5-3 раза меньше, чем диаметры пролётных каналов ЗС ЛБВ сантиметрового диапазона.

Корректировка параметров магнитного поля на этапе предварительных динамических испытаний заключается в изменении величины и направления составляющих индукции магнитного поля на оси магнитов и оси стальных наконечников МПФС, которые направлены радиально или азимутально относительно оси ЗС (поперечных составляющих индукции магнитного поля). Такая корректировка достигается изменением азимутального положения магнитов и (если это возможно) стальных наконечников, а также установкой на магниты и наконечники, пушечный и коллекторный экраны специальных настроечных магнитов и стальных деталей разной формы в выбранных при выполнении такой технологической операции местах МПФС.

Особая сложность получения планируемых результатов по токопрохождению состоит в том, что нет визуального или какого-либо инструментального контроля положения участков электронного потока в пролётном канале ЗС. О правильном или не правильном шаге корректировки можно судить только по изменению величины тока ЗС. При этом кажущееся правильным изменение на локальном шаге настройки далее, после следующих шагов может оказаться неверным. Такой технологический процесс невозможно описать детально в технологических картах, а качественное исполнение его требует не только профессиональных знаний, но и профессионального мастерства, использующего также и подсознательные формы хранения и использования накопленной информации и опыта.

В докладе приведена общая последовательность выполнения корректировки параметров электронно-оптических систем на этапе предварительных динамических испытаний начиная от импульсного режима с большой скважностью (не менее 100) до непрерывного режима. Приведены примеры выполнения корректировки и полученные при этом результаты. Сообщается об особенностях технологического процесса, связанных с конструкциями ЛБВ, предназначенных для работы на борту космических аппаратов.

Список используемых источников:

1. В.И. Роговин, Ю.Ф. Контурин Уменьшение динамической расфокусировки в ЛБВО при высоких значениях электронного КПД // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2008. Материалы международной научно-технической конференции. Саратов. СГТУ. 2008. С. 161-167

2. А.С. Гилмор-мл Лампы с бегущей волной // Москва: Техносфера. 2013. С. 616.

## **Исследование электрохимических свойств фторуглеродных покрытий, полученных при помощи НЧ-плазмотрона атмосферного давления**

Садеков Э.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Шведов А.В.

МАИ, Москва

СВЧ электроника повсеместно применяется в авиационной и космической промышленности в узлах связи, навигации и системах обнаружения. Для изделий такого назначения выдвигаются особые требования стойкости к воздействию климатических факторов, тем самым возникает потребность в дополнительной защите СВЧ-устройств от негативных воздействий окружающей среды. Особенно остро стоит вопрос защиты микрополосковых и компланарных линий, электромагнитные свойства которых особенно чувствительны к выбору защитных материалов [1]. Формирование защитных покрытий на основе фторуглеродных соединений при помощи неравновесной низкотемпературной плазмы атмосферного давления [2] позволяет создавать барьерный слой на поверхности печатных узлов СВЧ электроники, который не вносит существенного влияния на передаваемые сигналы за счет малой толщины покрытия, и приводит к минимизации процессов разрушения материала за счёт изменения смачиваемости поверхности [2], тем самым повышая коррозионную стойкость.

Исследование электромагнитных свойств СВЧ-трактов, на поверхности которых сформированы фторуглеродные защитные пленки, и изучение электрохимических свойств полученных структур позволяет детально рассмотреть вклад покрытий в качество передаваемого сигнала, а также оценить перспективы использования рассматриваемых покрытий с целью повышения коррозионной стойкости обработанных изделий.

Для создания защитного барьера на поверхности образцов печатных плат использовался плазмотрон атмосферного давления. Формирование пленок осуществлялось за счет подачи в сопло смеси состоящей из нескольких газов — плазмообразующего аргона, транспортного тетрафторметана и пленкообразующих паров циклогексана, и дальнейшей ионизации смеси в сопле с образованием низкочастотного газового разряда. При помощи блока ЧПУ осаждение осуществлялось по настраиваемой траектории в динамическом режиме [2] с заданными шагом и скоростью перемещения сопла, для обеспечения равномерного осаждения по всей площади исследуемых образцов. Испытуемые образцы изготавливались методом фрезеровки из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита -- при помощи фрезерного ЧПУ-станка по предварительно спроектированным гербер-файлам были реализованы компланарные линии с волновым сопротивлением 50 Ом.

Исследование электромагнитных свойств образцов осуществлялось при помощи анализатора цепей в диапазоне от 10 кГц до 18 ГГц. К образцам с двух сторон припаивались SMA-разъемы для соединения высокочастотными кабелями с лабораторным оборудованием. Для оценки качества передаваемого по линии сигнала, снимались S-параметры передачи. Предварительно была снята амплитудно-частотная характеристика по исходному, необработанному образцу, после чего на который производилось осаждение и снова осуществлялось снятие спектра S21. Путем сравнительного анализа полученных спектров, удалось обнаружить отсутствие влияния осажденных пленок на качество передаваемого сигнала -- покрытие не внесло ослабления передаваемого сигнала на всем диапазоне частот.

Были исследованы и электрические свойства обработанных образцов. При помощи измерителя поверхностного сопротивления, удалось оценить проводимость полученных покрытий и сделать вывод относительно изоляционных свойств. Было установлено влияние основных технологических параметров осаждения на величину поверхностного сопротивления. Путем уменьшения расстояния плазмотрон-подложка получилось добиться большей величины сопротивления, что объясняется получением покрытия большей толщины.

В дальнейшем планируется подтвердить повышение коррозионной стойкости путем проведения испытаний в климатической камере с заданными параметрами влажности и температуры, и тем самым оценить, насколько гидрофобные свойства [2] фторуглеродных

пленок способны защитить СВЧ-тракты от коррозии. Одним из способов, который планируется использовать для оценки гидрофобности и повышения коррозионной стойкости, является испытание на соляной туман.

Исследования показали, что существует возможность получения функциональных слоёв с заданными значениями поверхностного сопротивления, которые могут найти применение как альтернатива защитным электроизоляционным компаундам в устройствах СВЧ-электроники, и, в перспективе, использоваться в качестве влагозащитного барьера для изделий, используемых в агрессивных средах с повышенной влажностью.

Список используемых источников:

1. ГОСТ ИЕС 61188-1-2-2013. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 1-2. Общие требования. Контролируемое волновое сопротивление — Введ. 2015-03-01. — М.

2. Elinson, V.M., Shvedov, A.V., Kukushkin, D.Yu. Optical properties of fluorocarbon coatings obtained by ion-plasma method at atmospheric pressure in dynamic mode of deposition // Journal of Physics: Conference Series this link is disabled — 2019 — 1396(1) — 012014.

## **Посадка БПЛА вертолетного типа с оптической лазерной системой сканирования подстилающей поверхности**

Смагин В.В.

Научный руководитель — Картуков А.В.

МАИ, Москва

В работе рассматривается оптическая лазерная система сканирования подстилающей поверхности для беспилотных летательных аппаратов. На данный момент остается актуальной проблема посадки БПЛА, в особенности на неподготовленную поверхность, поскольку большинство происшествий происходят во время заключительных этапов полета. Такие факторы, как наклонная, неровная или ограниченная поверхность, плохая видимость вследствие тумана, дождя, плохого обзора, слепящей солнечной засветки или темного времени суток могут стать причиной аварийных ситуаций при посадке летательного аппарата.

Анализ радиотехнических, радиомаячных, оптических телевизионных и лазерных систем показал, что лазерные обладают очень высокой точностью и помехозащищенностью.

Предлагаемая лазерная система сканирования подстилающей поверхности состоит из координатно-чувствительного малоканального фотоприемного устройства и лазерных импульсных излучателей, перед каждым из которых расположена оптическая система отклонения луча.

Лазерные излучатели поочередно излучают импульсы, проходя через отклоняющую систему луча, попадают на подстилающую поверхность и отражаясь от нее попадают на координатно-чувствительное фотоприемное устройство. С помощью отклоняющей системы (зеркало, линза) мы можем менять направление излучения, тем самым получая информацию о множестве отражающих точек подстилающей поверхности.

С помощью разработанного алгоритма и программного обеспечения, можно построить трехмерную карту подстилающей поверхности, основываясь на массиве данных, полученных с координатно-чувствительного фотоприемного устройства. Благодаря такой цифровой карте, алгоритм автоматически находит наилучшее место для посадки БПЛА, исходя из его особенностей.

Данную систему можно также применять для летательных аппаратов вертолетного типа как в беспилотном, так и в пилотируемом режиме, как в автоматическом, так и в ручном режиме на неподготовленные и подготовленные подстилающие поверхности. В ручном режиме посадки отображение на экране трехмерной карты подстилающей поверхности повышает безопасность посадки. Кроме того, данную систему можно использовать для получения трехмерного цифрового изображения поверхности во время полета.

Список используемых источников:

1. Меркишин Г.В. Многооконые оптико-электронные датчики линейных размеров // Москва: Радио и связь, 1986. — 166 с.
2. Лутц М. Изучаем Python, 4-е издание // — Пер. с англ. — СПб.: Символ-Плюс, 2011. — 1280 с.
3. В.Е. Карасик, В.М. Орлов Локационные лазерные системы видения // — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, — 478, [2] с.

## **Влияние химического состава, поверхностного заряда и рельефа поверхности на антиадгезионные свойства фторуглеродных покрытий на полиэтилентерефталате**

Ходырев Т.В.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

Одним из наиболее отрицательно факторов, влияющих на сроки сохранения эксплуатационных свойств полимеров в процессе их использования в различных областях науки и техники, является биодеструкция, на долю которой приходится более 20% всех повреждений [1]. Биодеструкция представляет разрушение органического материала под воздействием микроорганизмов. В качестве исследуемых образцов был выбран полиэтилентерефталат (ПЭТФ), так как этот полимер является одним из самых используемых в авиации и космонавтике, электронике, медицине, упаковочной промышленности, биотехнологиях и др.

С целью остановки биодеструкции и формирования биопленки целесообразно воздействовать на первоначальную адгезию бактерий к поверхности. Формирование антиадгезионных по отношению к микроорганизмам покрытий на поверхности полимера происходит с помощью ионной обработки и последующего нанесения двухкомпонентной газовой смеси C<sub>6</sub>H<sub>12</sub> и CF<sub>4</sub> [2]. Нанесение данного покрытия происходит с различным соотношением данных компонентов в газовой смеси.

К факторам, определяющим антиадгезионные свойства относится: химический состав (на поверхности полимера создаётся не питательная для микроорганизма среда), поверхностный заряд (создаётся одноименный по отношению к микроорганизму заряд, благодаря чему происходит кулоновское отталкивание микроорганизма от поверхности полимера), а также специфический рельеф (расстояние между ближайшими пиками неоднородности рельефа меньше диаметра микроорганизма, по этой причине микроорганизму затруднительно адгезироваться к поверхности) [3].

Целью работы является исследование основных факторов, влияющих на появление антиадгезионных свойств у фторуглеродных покрытий на поверхности полиэтилентерефталата, в частности химического состава, поверхностного заряда, а также рельефа поверхности.

В процессе исследований были получены следующие результаты:

1. При ионно-плазменной обработке ПЭТФ в вакууме с помощью газовой смеси CF<sub>4</sub>(40%)+C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>(60%) наблюдается появление антиадгезионных свойств вследствие соблюдения следующих параметров поверхности: максимальное содержание фтора (34%), минимальное значение поверхностного заряда (-0,2 мКл/м<sup>2</sup>), а также расстояние между пиками неоднородности менее 200 нм.
2. Максимальное содержание фтора на поверхности фторуглеродного покрытия, созданном на поверхности ПЭТФ наблюдается в области «переходных» процессов (от 30% до 60% содержания CF<sub>4</sub> в газовой смеси CF<sub>4</sub>+C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>), а именно при 60% содержании.
3. Наименьшее значение среднеквадратического отклонения шероховатости поверхности, средней высоты пиков неоднородности, а также среднего расстояния между пиками неоднородности наблюдается в области «переходных» процессов, а точнее при 60% содержании CF<sub>4</sub> в газовой смеси CF<sub>4</sub>+C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>.

4. Максимальная величина поверхностного заряда на поверхности фторуглеродного покрытия достигается при 60% содержании CF<sub>4</sub> в газовой смеси CF<sub>4</sub>+C<sub>6</sub>H<sub>12</sub> и составляет - 0,2 мкКл/м<sup>2</sup>.

Список используемых источников:

1. V. M. Elinson, P. A Shchur., A.N. Lyamin Nanostructuring of the Polyethyleneterephthalate Surface Using Ion-Plasma Technology with the Help of Fluorine-Containing Gas Mixtures //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. — 2020. — Т. 24. — №. 3. — P. 173–182. DOI: 10.1615/HighTempMatProc.2020035843

2. В. М Елинсон., П. А. Щур Технология формирования антимикробных фторуглеродных покрытий с углеродным подслоем на поверхности полимеров // Наноиндустрия . — 2021. — Т. 14. — №. S6. — С. 211-220. DOI: 10.22184/1993-8578.2021.14.6s.211.220

3. Elinson V. M., Shchur P. STUDY OF THE SURFACE OF ANTIMICROBIAL BARRIER LAYERS BASED ON FLUOROCARBON AND CARBON FILMS //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. — 2022. — Т. 4. — V. 26. — С. 11-26. DOI: 10.1615/HighTempMatProc.2022043894

### **Исследование влияния содержания связующего вещества в составе активной массы катодного материала на характеристики электрода в накопителе энергии**

Черняева И.Ю., Черняева М.Ю., Кравчук Е.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Шведов А.В.

МАИ; АО «АВЭКС», Москва

На сегодняшний день литий-ионные(ЛИИ) аккумуляторы можно считать лучшими электрохимическим источниками питания различных устройств. Благодаря относительно малому весу и большой удельной емкости они наиболее часто применяются в мобильных устройствах, а также находят свое применение в блоках питания, электромобилях и т.д.[1]

Существуют три основных типа корпусов аккумуляторов: цилиндрические, призматические и полимерные. Сейчас набирают популярность призматические аккумуляторы, потому что в таком исполнении возможно изготовление аккумулятора очень высокой ёмкости или мощности. Электродный блок в таких аккумуляторах может быть изготовлен двумя способами: «плоский рулон» и колодная сборка. Для призматических элементов с большой емкостью используется колодная конструкция электродного блока, в которой электроды укладываются в одну стопку по очереди. Для блоков колодной конструкции электроды могут вырезаться из ленты либо с помощью лазера, либо высекаться из нее тигельным прессом с помощью штамповальной формы. В случае штампования возможно отслаивание активного материала с поверхности фольги, из-за низкой адгезии активного слоя. Это приводит к потере ёмкости и к осаждению металлического лития на непокрытую активным слоем поверхность фольги, что может привести к короткому замыканию всего аккумулятора.[2]

Одним из способов улучшения адгезии активного слоя с фольгой является увеличение количества связующего. Однако, это приводит к уменьшению емкости, в следствие уменьшении количества активного вещества. Во избежание потерь емкости необходимо увеличивать толщину активного слоя.

Таким образом цель данной работы: улучшение адгезии активного слоя с фольгой.

Для экспериментов были выбраны ЛИИ на основе литий-железа фосфата (LFP). Несмотря на скромные относительно других материалов емкость и напряжение, фосфат лития-железа получил широкое внимание промышленности из-за низкой стоимости, ввиду распространенности железа, отсутствия у него токсичности в сравнении с никелем и кобальтом, а также из-за высокой безопасности материала и продолжительности жизненного цикла изделия (до 2000 циклов при нормальных условиях), длительного срока хранения (до

12 лет), также при повреждении конструкции аккумулятор не горит, а лишь нагревается и дымит, выделяя неприятный запах.[3]

Был проведен следующий эксперимент, два одинаковых по толщине активных слоя поставили на сушку при температуре 120 градусов. В первом образце процент связующего был 2,5%, а во втором 4,5%. На втором образце после сушки появились трещины.

Второй эксперимент касался непосредственно состава ЛИА. Первый образец содержал 2,5% связующего, а второй 4,5%. Процентное содержание сажи в двух образцах одинаково и равно 4%. Остальное процентное содержание составляет LFP от массы. После просушки активного материала, визуально было заметно, что второй образец имеет лучшую адгезию, чем первый образец.

В ходе экспериментов было установлено, что увеличения процента связующего с 2,5% до 4,5% привело к существенному улучшению адгезии активного слоя с фольгой и что с увеличением содержания связующего увеличивается вероятность растрескивания активного слоя во время сушки, ввиду миграции связующего к поверхности активного слоя и его быстрой полимеризации. Поэтому необходимо регулирование температурного режима сушки активного слоя. В дальнейшем планируется проводить эксперименты с процентным содержанием связующего и толщиной активного материала для нахождения оптимальных параметров.

Список используемых источников:

1. Садовников, А. В. Литий-ионные аккумуляторы / А. В. Садовников, В. В. Макачук. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 23 (127). — С. 84-89.
2. Korthauer R Lithium-ion batteries: basics and applications. — Springer, 2018. — 415 p. — ISBN 978-3-662-53069-6
3. Gulbinska M. K. (ed.). Lithium-ion battery materials and engineering: current topics and problems from the manufacturing perspective. — Springer, 2014. — 212 p. — ISBN 978-1-4471-6547-7

## **Актуальные методы переработки литий-ионных аккумуляторов**

Черняева М.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Шведов А.В.

МАИ, Москва

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) являются одними из наиболее востребованных источников энергии в современном мире. Высокая энергетическая плотность — одна из ключевых особенностей данного типа накопителей энергии, которая достигается за счёт физико-химических особенностей лития, например, минимальной молярной массы среди металлов [1]. Также плюсами данных аккумуляторов является низкий процент саморазрядки, отсутствие «эффекта памяти», возможность создания различных форм (цилиндрическая, призматическая и мягкий корпус), относительно большое количество циклов работы (например, в 2-3 раза больше, чем среднестатистический свинцовый накопитель энергии), при этом они могут работать в широком температурном диапазоне. Аналитическая компания Benchmark Mineral Intelligence (BMI) прогнозирует шестикратный рост мирового производства ЛИА к 2030 году.

Однако, не смотря на сильные стороны и очевидные плюсы ЛИА, они имеют ряд существенных недостатков при их производстве и утилизации. Во-первых, литий — довольно редкий элемент (содержание в Земной коре 0,002%), а это означает, что его запасы ограничены и они могут не покрыть потребности постоянно увеличивающийся спроса. Кроме того, добыча лития является дорогим, трудным и крайне вредным для природы процессом. Этот элемент находится глубоко в земной коре, для добычи 1 тонны лития требуется 2,2 тонны воды. Естественно, данное производство неблагоприятно влияет на окружающую среду [2]. Во-вторых, ЛИА нельзя просто выбросить в виду их взрывоопасности, наличия коррозионных и токсичных веществ, таких как кобальт, никель, бористый литий и др. [3]. Их не стоит просто закапывать в землю для дальнейшего

разложения, так как они окажут негативное влияние на почву и грунтовые воды. Логичным решением этих двух проблем является переработка ЛИА.

Существует три основных метода переработки ЛИА: механический, пирометаллургический и гидрохимический. Первый заключается в том, что повреждается корпус батареи и вводится раствор алкилкарбоната для снижения вероятности возгорания. Далее вынимаются элементы аккумулятора и на специальных предприятиях при помощи различных фильтратий и химических реакций можно получить различные элементы, однако для этого необходимо разделить аккумуляторы по типам. Также необходимо учитывать, что весь процесс должен проходить в условиях сухой комнаты при температуре 21°C и относительной влажности воздуха 0,5% из-за взрывоопасности данных аккумуляторов [3].

Пирометаллургический метод переработки ЛИА заключается в том, что батареи помещают в специальную печь, в которой они проходят три этапа нагрева. В первом постепенно испаряется электролит для предотвращения взрыва, затем во втором этапе сгорают полимерные материалы, и в конце идет нагрев металлов, которые и являются продуктом переработки. Все остальные элементы, в том числе литий становятся отходами производства, при том, что для поддержания печи необходимо большое количество электроэнергии [3].

В гидрохимическом методе ЛИА проходят заморозку в криогенной камере для предотвращения взрыва. Затем они измельчаются и фильтруются, для того чтобы отсеять ненужный мусор. Далее идёт процесс дробления с участием состава солей, содержащих хлор, оксид углерода, или серы. Образовавшийся раствор солей лития отделяется от пластика и металла. С помощью магнитной сепарации получается разделить металл и пластик. Далее раствор лития проходит фильтр-пресс, где испаряется лишняя влага, отделяются оксиды металлов. Оставшийся раствор лития сначала попадает в электродиализатор для получения LiOH, а затем в сушилку, где получают соль лития (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) Большое количество технологических процессов делает этот метод дорогостоящим, однако на выходе удается переработать большую часть элементов батареи [3].

Сегодня переработка ЛИА наиболее развита в Китае, странах Евросоюза и США[4]. При этом такие автомобильные компании, как Toyota, Nissan создают свои предприятия по переработке батарей для электромобилей. Бывший тех директор Tesla основал предприятие Redwood Materials по переработке ЛИА. На данный момент крупными клиентами данной компании являются Amazon и Panasonic, Volkswagen и Audi. Компания Umicore (штаб-квартира в Бельгии и более 20 дочерних компаний по всему миру) заключила контракт по переработке с Formula E.

Вывод: Переработка ЛИА — важный технологический процесс, для сохранения окружающей среды и обеспечения предприятий необходимым количеством лития в будущем. Исследование текущих тенденций в этой сфере позволит определить наиболее актуальные методы переработки ЛИА, и устранить их недостатки, препятствующие их массовому применению. В данных тезисах рассмотрены основные существующие методы переработки и их недостатки, приведены примеры крупных предприятий по переработке и компаний, которые с ними сотрудничают.

Список используемых источников:

1. Антипов Е.В., Дрожжин О.А. Нобелевская премия по химии 2019 года — за разработку литий-ионных батарей // Природа. 2020, №1 (1253), С 31 — 74.
2. Пяткова И.А., Клюкман М.В. Литий: добыча и её ущерб экологии // EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XXXIII Международной научно-практической конференции. — 2021. — С. 89-91.
3. Каперзов А. О., Герасимов В. С., Буряков С. А. Современные технологии в утилизации литий-ионных акб//Технический сервис машин. — 2018. — С. 42-48.
4. Ермакова Л. С., Кудрявцева Ю. С., Леонов А. А. переработка батареек, опыт, тенденции в современном мире. опыт РФ на примере стран ЕС и Азии// WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: сборник статей LXX Международной научно-практической конференции. Пенза. — 2022. — С. 275-278.

## Разработка низкобюджетного миниатюрного модуля навигации

Шилов Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Матвеев А.М.

МАИ, Москва

Цель рассматриваемой работы является разработка миниатюрного и низкобюджетного навигационного модуля, представляющего навигационную информацию для последующего синтеза апертуры (СА) антенны в бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ).

В современном мире набирают популярность беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые становятся все меньше и компактнее. Вслед за уменьшением габаритов самого аппарата уменьшается и навигационная аппаратура, а для СА антенны до сих пор используются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС), их главным недостатком является цена и большие габариты, но обеспечивают хорошую точность и темп передаваемой информации. Разрабатываемый модуль — это попытка получить устройство, способное заменить БИНС на малогабаритную и низкобюджетную систему, основанную на микрорезисторно-механических (МЭМС) датчиках. Таким образом мы получим навигационный модуль, который будет направлен на узкоспециализированные задачи, а именно представление полной навигационной информации для последующего СА, а также будет иметь возможность использования по прямому назначению: как самостоятельное или вспомогательное устройство, предоставляющее информацию в БЦВМ для парирования отклонений от заданного курса.

Проанализировав представленные на рынке готовые решения, можно сделать выводы об их недостатках: ориентированность на дистанционное управление, а не на передачу навигационной информации, отсутствие необходимого интерфейса, не во всех моделях можно свободно изменять программное обеспечение, что влечет за собой невозможность использования необходимого протокола обмена данными, ненужная периферия для управления двигателями и иными органами управления.

Было принято решение о разработке собственного модуля, обладающего данными техническими характеристиками: внешний интерфейс обмена данными RS485/RS422, протокол обмена данными БИНС-501 или MODBUS, MPU9255 (3-х осевой акселерометр, гироскоп и компас), BMP180 (барометрический датчик давления), NEO-6M (GPS приемник); STM32F051R8T6, минимальный/желаемый темп обновления и выдачи информации: 1 Гц/200 Гц, параметры электропитания: 12 В (+10%) постоянного тока (1 А), масса: не более 300 г.

На текущий момент выполнен минимальный этап: спроектирована принципиальная схема модуля, собран макет, модуль способен выдавать состав навигационной информации, которая приведена ниже, распознавать и классифицировать данные от GPS, рассчитывать углы, ускорения и высоту по инерционным датчикам. Модуль способен передавать данный состав навигационной информации: время UTC, географическая широта; географическая долгота; абсолютная высота; путевая скорость, истинный курс, угол крена, угол тангажа, путевой угол, вертикальная скорость, вертикальное ускорение, продольное ускорение, поперечное ускорение.

В дальнейших этапах разработки планируется совершенствовать алгоритмы расчета, изменение аппаратной части на более производительную.

Макет модуля был протестирован в покое для инерционной части, и в движении для оценки точности GPS.

В основе расчета углов лежит фильтр Маджвика, по кватернионам которого и получаем необходимые углы рысканья, тангажа и крена. MPU9255 в соответствии таблицы 3 и таблицы 4 источника [3] является устройством потребительского класса точности. Для угла рысканья максимальное отклонение в покое составляло 2 градуса и среднее квадратичное отклонение (СКО) 0.53 градуса. Данный угол наиболее неточен и подвержен сильным отклонениям из-за опоры расчета на магнетометр, который сложно откалибровать под текущую обстановку. Было принято решение опираться на показания GPS, так как его показания более точные, а инерционные показатели использовать как вспомогательные.

Для угла тангажа максимальное отклонение 1 градус, а СКО 0.2 градуса. По углу крена дрейф отсутствовал.

Тест GPS в движении производился на машине. Для сравнения были взяты показания приложения «GPS Трекер 8» для мобильных устройств, который записывал пройденный путь параллельно с разработкой. Оба трека были сопоставлены в программе «Sasplanet». По полученным результатам (сопоставлению треков) точность определения координат была выше у навигационного модуля, в основе которого лежит NEO-6M. Так как темп выдачи информации у модуля выше, пройденный путь был более корректным, небольшие отклонения от реальной траектории движения наблюдались при движении под мостом, что объясняется ухудшением приемного сигнала.

Список используемых источников:

1. А. Ишлинский. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. Наука, 1976
2. В.В. Матвеев, В.Я. Распопов «Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем», 2009.
3. Е.П. Великанова, А.А. Гельцер, Ж.Т. Эрдынеев, Н.В. Панокин «Анализ требований к точностным характеристикам инерциальной системы навигации в радаре с синтезированной апертурной антенны». Гироскопия и Навигация, 2016.

# Направление №5 Ракетные и космические системы

## Секция №5.1 Проектирование, производство и эксплуатация ракетно-космических комплексов

---

### Анализ развития стартовых сооружений космодромов России

Анисимов А.И., Абдрахманов Н.И., Антимонов К.Д.

Научный руководитель — к.воен.н. Костенко В.А.

МАИ, Москва

Для успешного запуска любой ракеты-носителя (РН) нужно учесть множество факторов. Тем не менее одной из важнейших является создать для РН оптимальный стартовый комплекс. Под стартовым комплексом(СК) понимается сооружение, откуда РН будет стартовать, а также такие объекты, которые будут обеспечивать доставку на стартовую площадку, заправку, проверку, подготовку и запуск РН. Так как каждая РН создается для выполнения конкретной функции, то соответственно их стартовые сооружения будут отличаться друг от друга [1].

Целью данной работы является проанализировать развитие стартовых сооружений России. В качестве примера будут взяты стартовое сооружение для РН типа «Союз», а также для семейства «Ангара». Выбор РН типа «Союз» обусловлен тем, что данная РН используется на протяжении практически всей истории российской космонавтики, а современная модификация ракеты «Союз 2» используется и по сей день. На примере же семейства «Ангара», целью создания которой было заменить многие ныне не используемые РН, можно проследить чем современный аналог отличается от предшественников.

Сравнивая данные СК, можно сделать вывод, что способы крепления РН принципиально разные. Поскольку «Ангара» спроектирована в виде конструктора, который можно оперативно компоновать в зависимости от поставленных задач, конструкция ее СК наиболее выгодна, по сравнению с КРН семейства «Союз», где для каждого класса ракет необходима своя стартовая площадка. В свою очередь, за счет отлаженного технологического процесса и отработанной конструкции, «Союз» является одним из самых низко аварийных РН в мире [2].

В работе представлена краткая история создания стартовых сооружений данных РН, их краткая характеристика и принципиальное сравнение этих сооружений. На основе проведенных исследований показаны их основные плюсы и минусы, а также определенно положительное развитие стартовых сооружений по сравнению с прошлыми аналогами.

Список используемых источников:

1. Кукушкин И.О., Лагун А.В., Гравченко Ю.А. Наземное технологическое оборудование РКК: Электрон. текстовые дан. (4,0 Мб) — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2017.
2. Козлов В.В., Кукушкин И.О., Лагун А.В., Мокан Д.О. Стартовая система 8y0215 — Электрон. текстовые дан. (3,0 Мб) — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016.

### Моделирование безопасности эксплуатации установочного оборудования в составе ракетных комплексов космического назначения

Антимонова М.А., Губайдуллина С.Р., Лямкин Ф.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лушпа Е.Ю.

МАИ, Москва

Для оценки безопасности эксплуатации РККН необходимо применять вероятностные показатели, отражающие степень возможности опасных последствий, а также оценивающие ущерб от происшествий. Такими показателями являются показатели риска, которые

сочетают в себе вероятность неблагоприятного события и последствия в результате этого события (потери, ущерб, убытки и т.п.).

Современные образцы установочного оборудования (УО) содержат в себе десятки элементов, влияющих на безопасность, логически связанных между собой сложным образом в процессе возникновения происшествия. В соответствии с целью проводимых исследований совокупность элементов, влияющих на безопасность в процессе эксплуатации образца РККН, рассматривается как элементы системы поддержания образца РККН в безопасном состоянии. Выделение элементов, влияющих на безопасность, и связей между ними в процессе возникновения происшествия производится на основе анализа процесса эксплуатации образца РККН и выделения потенциально опасных операций.

Процесс функционирования установочного оборудования представляет собой управляемый случайный процесс, который описан с помощью математического аппарата теории полумарковских процессов. При этом принято допущение, что на этапе эксплуатации образца РККН можно выделить интервалы, на которых интенсивность отказов (несанкционированных срабатываний) ЭВБ можно приближенно считать постоянной. Это допущение позволяет решать задачи исследования процесса функционирования ЭВБ для каждого интервала эксплуатации УО РККН в отдельности.

При разработке математических моделей расчета и оценки комплексного показателя безопасности эксплуатации УО используется подход, основанный на базе логико-вероятностной теории безопасности.

Разработана математическая модель расчета и оценки вероятности обрыва (падения) элемента установочного оборудования в процессе потенциально опасной операции (ПОО), которая позволяет выявить инициирующие события (условия) и предпосылки к происшествию, и на базе их анализа, выделить критичные элементы, влияющие на безопасность ПОО.

Разработана математическая модель функционирования элемента, влияющего на безопасность эксплуатации установочного оборудования РККН, позволяющая рассчитать вероятности возникновения инициирующих событий (условий), т.е. вероятность нахождения элемента, влияющего на безопасность, в состоянии с предпосылкой к происшествию, в процессе выполнения потенциально опасной операции, с учетом параметров, определяющих процесс его функционирования.

Список используемых источников:

1. Болдырев К.Б. Ракеты-носители: учебник / К.Б. Болдырев, В.А. Грибакин, А.Ю. Карчин, С.Ю.Ю. Пирогов, А.Э. Султанов — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018. — 390 с.
2. ГОСТ Р 51282-99. Оборудование технологическое стартовых и технических комплексов ракетно-космических комплексов. Нормы простирования и испытаний Москва: ИПШК Издательство стандартов, 1999.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие под ред. Луша Е.Ю. — Балашиха: ВА РВСН, 2017. — 296 с.

### **Моделирование электростатического поля системы неподвижных электрических зарядов для исследования его влияния на бортовую аппаратуру космического аппарата**

Васнева С.А.

Научный руководитель — Фозилов Т.Т.

МАИ, Москва

Наряду с развитием бортовой аппаратуры (БА) космических аппаратов (КА) в сторону внедрения цифровых технологий и расширения спектра обрабатываемых сигналов миниатризуются массогабаритные параметры изделия за счет увеличения плотности компоновки систем в объеме КА [1]. В то же время это создает неоднозначную обстановку в аспекте электромагнитной совместимости приборов и узлов БА.

Из анализа причин наблюдавшихся нарушений и сбоев в работе бортовой аппаратуры космического аппарата было установлено, что образование электростатических зарядов на поверхности КА и возникновение электростатических разрядов (ЭСР) между элементами конструкции КА приводят к сбоям в работе аппаратуры [2].

Для определения необходимости и достаточности принятых мер по защите систем на этапе проектирования применяется теоретическая оценка, которая напрямую зависит от точности математического описания источника и его расположения.

Целью работы является создание модели, отражающей процессы возникновения электростатических разрядов на борту КА. Для упрощения концепции и большей наглядности в представленной работе моделируется электростатическое поле со стационарными зарядами.

Математически электрическое поле определяется как векторное поле, линии которого для конфигурации электрических зарядов дают картину с минимальными вычислениями. Свойства и форма изображения распределения позволяют судить о течении явления и определять его главные характеристики. Электрическое поле, создаваемое в вакууме неподвижным точечным электрическим зарядом, характеризуется скалярным потенциалом. В свою очередь, векторной характеристикой рассматриваемого поля является напряженность [3]. В связи с чем в ходе работы были выделены именно эти две характеристики в качестве определяющих при моделировании.

В результате построения модели были получены: визуализация потенциала, создаваемого системой линейных зарядов, карта эквипотенциалей, проекция карты линий уровня, а также наглядное представление силовых линий напряженности электрического поля, создаваемого линейной системой зарядов, и карта линий равной напряженности электростатического поля.

Повышение качества визуализированного изображения электростатического поля представляет большой и ценный материал для выяснения физических процессов, которые определяют поведение вакуумной электроизоляции, а это, в свою очередь, позволяет искать пути ее улучшения, а также применять различные технические решения, ослабляющие воздействие импульсов от ЭСР на бортовую аппаратуру.

Список используемых источников:

1. Костин А. В., Математические модели источников электростатических разрядов бортовой аппаратуры космических аппаратов // Космическое электронное приборостроение. 2013. С. 229-230.
2. Костин А. В., Пиганов М. Н. Расчет помех в цепях бортовой аппаратуры космических аппаратов, вызванных электростатическими разрядами // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. С. 1376–1379.
3. Сливков И. Н. Электроизоляция и разряд в вакууме. М. : Атомиздат, 1972. С. 10–16.

## **Индустрия 4.0 как основы производства БПЛА**

Ведяшкин В.С., Володов А.С., Дитрих Д.М.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

Комплексные решения Индустрии 4.0 и БПЛА основаны на построении: стандартизации, автоматизации, интеллектуализации и создании системы управления логистического центра на основе информационных систем. Использование новых цифровых технологий для беспилотных летательных аппаратов поможет обеспечению более быстрого и эффективного решения задач в области интеллекта и стандартизации. Это удовлетворит запросы и потребности клиентов, нуждающихся в применении данных технологий в различных областях с помощью применений данных БПЛА.

БПЛА могут выполнять широкий спектр задач в различных отраслях благодаря искусственному интеллекту. Потенциал дронов возможно раскрыть, если усовершенствовать технологии, а именно: машинное обучение и большие данные, чтобы сделать беспилотные

летательные аппараты интеллектуальными машинами, эффективно обрабатывающие собранные данные.

С помощью искусственного интеллекта применения дрона будет происходить без использования оператора, в следствии чего избавлять пилота БПЛА от повторяющихся и трудновыполнимых задач, и в результате чего позволяет повышать эффективность и автономность использования беспилотного летательного аппарата.

На сегодняшний день использование БПЛА дает преимущество в выполнении экономических и эксплуатационных задач. Дроны становятся все более популярными интеллектуальными инструментами логистики в обрабатывающей промышленности и различных отраслях:

#### 1. Сельское хозяйство

Беспилотные летательные аппараты могут создавать профессиональные 3-D карты сельскохозяйственные угодий, что дают возможность предоставлять информацию о состояниях и развитиях посевов и их эффективность орошений, анализа почв и полей.

#### 2. Аэрофотосъемка

Картография и съемка объектов является актуально важным процессом для компаний в отрасли строительства и горнодобывающей промышленности. Беспилотные летательные аппараты могут создавать очень точные 3D-карты, которые в дальнейшем используются для анализа оценки рисков, измерения объема добытых материалов, а также могут помогать в оптимизации транспорта в разрезе, и осуществлении контроля и предоставления данных в разрезе.

#### 3. Товарооборот

Беспилотные летательные аппараты могут автономно перемещаться с грузом и анализировать характеристику пути товара, то есть происходит повышения точности инвентаризации груза. Также в этой отрасли можно использовать БПЛА в качестве идентификации и нахождения посылок благодаря передовому компьютерному зрению и датчикам в сочетании с искусственным интеллектом, что вследствие загружаются результаты сканирования в облако, и в результате чего происходит синхронизирование их с системой управления.

#### 4. Защита национальных достояний

Беспилотные летательные аппараты могут анализировать территории, создавая профессиональные 3-D карт этих культур, а также записывать активность животных и производить их анализ с помощью мониторинга БПЛА в заповедниках.

#### 5. Мониторинг инфраструктуры

С помощью беспилотных летательных аппаратов интеллектуальные решения производят высокоскоростной анализ данные инфраструктуры, таким образом можно следить за критическими важными зданиями.

#### 6. Военное назначение

Использование искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов для работы на поле поражения может помочь в сфере крушения какого-либо объекта. С помощью БПЛА и ИИ можно ставить цель и делать авиаудары по ориентиру. Обученные, как команда, они могут проникать в здания, автомобилям, поездов отклоняясь от людей, пулю и делать поражение на какой-либо объект с помощью авиаудара.

Согласно исследованиям Price Waterhouse Coopers (PwC), около трети компаний имеют высокий уровень цифровизации. Ожидается, что в течение следующих пяти лет цифровизация промышленности увеличится с 33% до 72%. Значительное число компаний разрабатывают новые продукты и услуги с цифровыми функциями, которые охватывают весь жизненный цикл продукта.

Подсчитано, что потенциальный экономический эффект может составить от 100 до 300 миллиардов долларов в году к 2025 году. Значительный рост продаж ожидается для промышленного оборудования с датчиками и исполнительными механизмами, которые могут обмениваться данными с другими машинами и компьютерными сетями в режиме реального времени через облако.

Инновации БПЛА и Индустрии 4.0 делают более ценными для компаний, поскольку они стремятся трансформировать свои операции и бизнес-модели с помощью новых технологий.

Итак, возможность БПЛА и Индустрии 4.0 потенциально огромная. К дополнению повышению эффективности и большой производительности, повышается ценность использования беспилотников, выполняющие трудоемкие задачи. Использование беспилотных летательных аппаратов способствует созданию общей основы применения их в Индустрии 4.0 с разных точек зрения, позволяя проводить больше исследований и разработок для промышленных инноваций и технологического прогресса.

Список используемых источников:

1. Особенности применения искусственного интеллекта для организации роя малоразмерных БПЛА Кудрявченко И.В., Якубов К.С., Паламарчук Д.В. Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2020. № 3. с. 173.

2. Разработка системы компьютерного зрения на основе алгоритмов локальной навигации для БПЛА мультироторного типа с целью мониторинга Калинов И.А. в книге: сборник тезисов участников форума «наука будущего — наука молодых». 2017. с. 306-308.

### **Проблема внедрения БПЛА в сфере гражданского применения**

Володов А.С., Ведяшкин В.С., Кузнецов Е.А.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

Современные беспилотные летательные аппараты имеют обширные отрасли применения в жизнедеятельности человека. Основные из них- промышленность, энергетика, нефтегазовый сектор, разведка полезных ископаемых, и т.д.

Существуют следующие множество нерешенных проблем данной области, например, в порядке использования воздушного пространства, утверждённого постановлением Правительства РФ не прописаны нормативные акты, которые должны регулировать совместное нахождение БПЛА с другими воздушными суднами. Также изучая современное использование БПЛА, были получены следующие результаты, что до 90% полётов БВС выполняется на сверхнизких высотах и скоростях, в зонах плотной застройки. В данном секторе летают только БПЛА мультироторного типа. Около 3-10% полётов выполняется в зоне полётов авиации общего назначения. Беспилотники самолетного типа должны пилотироваться в этом секторе

Из вышеприведённой статистики стоит отметить, что все существующие БВС следует поместить в зону полётов общего назначения. Вопрос неурегулированности движения в воздушном пространстве останется открытым, а проблема будет полностью решена только при полной автоматизации существующего движения.

Нормативные правовые акты запрещают полное внедрение БПЛА в гражданское применение из-за риска перегруза. Хотя БВС могли бы достаточно сильно повысить валовый региональный продукт.

Сегодня сертификация дронов имеет ряд проблем:

- Ненормированный срок сертификации. Проведение данной операции занимает более 36 месяцев.
- Ненормированная стоимость сертификации. Стоимость сертифицирования одного дрона составляет более 200 миллионов рублей.
- Более 10 узкопрофильных центров сертификации, работающих вне системы гражданской авиации

Для решения данных проблем необходим следующий перечень инструментов:

- Добавление 2-3 центров сертификации БАС с полным набором компетенция
- Снижение стоимости сертификации БАС до 50% стоимости разработки типовой конструкции.
- Снижение срока сертификации до 6 месяцев без учета исправления замечаний разработчиком БАС.

Список используемых источников:

1. Традиции и новации в системе современного российского права. Чечурин А.М. Материалы XXI Международной научно-практической конференции молодых ученых: в 3 т. Москва, 2022. С. 54-56. Беспилотные летательные аппараты: в поисках эффективной модели административно-правовой регламентации
2. Оптимальная область применения современных БПЛА-технологий. Куликовская О.Е., Атаманенко Ю.Ю. International Scientific and Practical Conference World science. 2017. Т. 1. № 10 (26). С. 30-34.

## **Исследование методов и средств теплоизоляций, применяемых на современных изделиях ракетно-космической техники**

Гагоева А.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы исследования заключается в том, что современное развитие энергетики, повышение режимных параметров теплоэнергетических процессов требует разработки новых методов теплозащиты и конструкционных материалов, которые обладают необходимыми теплозащитными свойствами и способны работать во широком диапазоне температур.

Суть проблемной ситуации состоит в следующем. На всех этапах жизненного цикла изделия должен соблюдаться его тепловой режим. Важную роль в обеспечении теплового режима играет тепловая защита. Использование материалов, не отвечающих заданным требованиям, приводит к снижению эффективности теплозащиты, что несет за собой ряд негативных последствий, вплоть до вывода из строя отдельных систем и составных частей изделий ракетно-космической техники.

Необходимость решения поставленной проблемы для данной отрасли науки и практики состоит непосредственно в наиболее безупречной, совершенной и надежной разработке методов тепловой защиты, а также в создании более эффективных и оптимальных конструкционных материалов тепловой защиты, для дальнейшей безаварийной и долговечной эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Недооценка важности проблем применения эффективных материалов теплозащиты может привести к авариям как при старте ракеты космического назначения, так и при межорбитальном полете.

Целью исследования является анализ существующих методов тепловой защиты, а также приобретение новых навыков и знаний об обеспечении теплового режима в изделиях ракетно-космической техники.

Теоретическая значимость результатов работы даст возможность применить полученные знания в дальнейшем при разработке и модернизации ракет космического назначения.

Практическая значимость результатов работы заключается в практической ценности полученных результатов в данной исследовательской работе, которая позволит в дальнейшем применять более надежные и эффективные методы тепловой защиты в изделиях ракетно-космической техники.

Список используемых источников:

1. Горский В.В. Теоретические основы расчета абляционной тепловой защиты. М.: Научный мир, 2015.
2. Никитин П.В. Тепловая защита. М.: Изд-во МАИ, 2006.
3. Пчелкин Ю.Д. Приближенный метод расчета уноса массы углеродных материалов в высокотемпературном потоке. Космонавтика и ракетостроение, 2014, №2 (75), с. 19-24.
4. Тарасов В.А., Романенков В.А., Комков М.А. Технологические основы снижения длительности цикла и повышение защиты спускаемых космических аппаратов. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2014, №8, с. 35-43.

## **Малый космический аппарат для исследования влияния микрогравитации и факторов космического полета на материалы и биологические объекты**

Гарно П.Р.

Научный руководитель — Тузиков С.А.

МАИ, Москва

В трудах К.Э. Циолковского «Промышленное освоение космоса» остро обозначается необходимость в изучении космического пространства и его факторов.

Рассматриваются вопросы разработки малого космического аппарата, предназначенного для проведения экспериментов, связанных с изучением воздействия микрогравитации в условиях орбитального движения спутника в центральном гравитационном поле Земли. Условия окружающей среды при орбитальном движении космического аппарата характеризуются также воздействием на полезную нагрузку целого ряда факторов космического полета, что является важным при наличии на борту КА в течение длительного периода времени различных биологических объектов.

Факторы космического пространства (ФКП) делятся на факторы поверхностного воздействия и проникающие факторы. К факторам поверхностного воздействия относятся:

- Космический вакуум;
- Заряженные частицы низкой энергии (частицы холодной и горячей магнитосферной плазмы и плазмы СВ);
- Солнечное УФ-излучение;
- Микрочастицы метеорной материи и космического мусора;
- Поток атомарного кислорода верхней атмосферы Земли;
- Галактическое космическое излучение.

К проникающим факторам, которые оказывают воздействие на глубокие слои материалов и биологические объекты, находящиеся во внутренних отсеках КА относятся электроны и ионы РПЗ, СКЛ и ГКЛ (Радиационное поле Земли, Солнечные Космические Лучи, Галактические Космические Лучи). Отдельно следует выделить эффекты, возникающие от воздействия собственной атмосферы КА.

Влияние перечисленных факторов в значительной степени зависит от реализуемых траекторий движения КА и сроков его активного существования.

Предлагается конструктивно-компоновочная схема, состав и основные характеристики базовых бортовых систем малого КА, обеспечивающего проведение исследований влияния микрогравитации и факторов космического полета на полезную нагрузку.

Особенностью построения структуры КА является использование модульного принципа и специальной схемы его функционирования.

Возможность отделения малого КА от базового космического объекта, — орбитальной станции, — и затем их последующее сближение обеспечивает периодическое обслуживание малого КА экипажем орбитальной станции, замену отработавших элементов бортовых систем, а также проведение при необходимости восстановительного ремонта малого КА (одного или нескольких из состава целевой орбитальной группировки).

Предлагаемая схема функционирования, модульный принцип построения, структура и состав бортовых систем малого КА обеспечивает его ремонтпригодность и, на этой основе, предполагает длительное функционирование малого КА на рабочей орбите при проведении экспериментов с большим горизонтом планирования, что является значимым при проведении циклов экспериментов с различными биологическими объектами.

Предлагаемый проектный облик малого КА обеспечивает возможность проведения экспериментов по определению степени влияния микрогравитации на объекты полезной нагрузки, в том числе, с возможностью задания в определенных пределах закона изменения параметров микрогравитации на исследуемые объекты.

Представлена конструктивно-компоновочная схема малого КА, его характеристики и состав основных бортовых систем.

Список используемых источников:

1. ESA [Электронный ресурс] : CubeSat. URL: [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/Technology\\_CubeSats](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats).
2. ASI [Электронный ресурс] : Легкий итальянский спутник CubeSat для съемки астероидов. Режим доступа: <https://www.asi.it/en/planets-stars-universe/solar-system-and-beyond/liciacube/>
- 3.Новиков Л. С. Космическое материаловедение. Учебное пособие. — М.: Макс Пресс, 2014. — 448с.
4. [Электронный ресурс] Годовой отчет ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» за 2014 год — часть 4. Реализация проекта «ОКА-Т-МКС». Режим доступа: [https://zinref.ru/000\\_uchebniki/04600\\_raznie\\_11/966/000.htm](https://zinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_11/966/000.htm)

## **Исследование Венеры на наличие полезных ископаемых**

Грачев Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

За последние десятилетия интерес стран в области исследования Венеры снизился к минимуму. Основная причина — экстремальные условия эксплуатации космических аппаратов на поверхности планеты. Основной целью предлагаемой космической миссии является возобновление международных исследовательских работ по вопросам развития венерианских космических программ. Данное возвращение обуславливается, во-первых, наличием технологий и материалов, позволяющим космическим аппаратам оставаться работоспособными на более длительное время, нежели их предшественники в 70-х годах прошлого столетия.

Исследования в области геологии Венеры позволят нам располагать обширными знаниями по формированию строения венерианской поверхности в условиях аномально высокой температуры в районе 462 градусов по Цельсию и атмосферным давлением в 93 бара, а также наличием кислотных дождей. Разведка местности на наличие полезных ископаемых ведется для уточнения картографии венерианской поверхности. Данная картография потребуется для доказательств в пользу терраформирования планеты[4].

Для выполнения поставленных задач в ходе реализации космической миссии предлагается установить на поверхности Венеры группировку, состоящую из нескольких (около 6 штук на первой этапе) автоматических передвижных станций — планетоходов, а также аэростатов, выполняющих функции передатчика данных от планетоходов к АМС, находящаяся на венерианской стационарной орбите.

Планетоход состоит из трех основных частей: шасси, отсек научной аппаратуры, приборно-агрегатный отсека. Был разработан колесный оболочковый движитель 8x8 с внутренними ребрами жесткости. Использование такой комбинации позволяет самостоятельно устанавливать массу и обеспечить оптимальные тягово-сцепные свойства как на прочных, так и слабосвязанных грунтах.[1],[3].

Отсек научного оборудования предназначен для обеспечения герметичности и безопасности датчиков и лаборатории. В него входит весь состав научной аппаратуры, необходимой для реализации исследований. Отсек предназначен для хранения и анализа полезных ископаемых, сбор которых осуществляет бур-анализатор, присоединённый к корпусу отсека [2].

В работе представлены анализ внешних факторов, влияющих на конструктивно-компоновочные решения, определены основные проектные параметры, произведена компоновка аппарата на составляющие системы, а также описание данных систем. Разработана внешняя компоновка в САД-системе.

Список используемых источников:

1. Кемурджиан А.Л., Планетоходы. Москва; Машиностроение, 1993, 397 с.
2. Гуцин В.Н. Основы устройства и конструирования космических аппаратов (учебное пособие для ВУЗов). Москва. Машиностроение, 1992, 254 с.

3. Викторов С.В. Маневры планетохода при бесконтактном исследовании вещественного состава поверхности. Ленинград, 1974, 11 с.

4. Громов В.В., Передвижение по грунтам Луны и планет, Москва: Машиностроение, 1986, 267 с.

### **Расчёт и анализ тепловых потоков, действующих на пилотируемый космический аппарат при возвращении с поверхности луны**

Гриненко А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ненарокомов А.В.  
МАИ, Москва

Описан процесс и результаты отработки и верификации методов и вычислительных алгоритмов проектирования теплонагруженных конструкций на основе вычислительного эксперимента с использованием соответствующего прикладного программного обеспечения. Предлагаемая методика проектирования используется для анализа эффективности практического применения различных геометрических форм экранов тепловой защиты лунного возвращаемого космического аппарата (КА).

Исходными данными для проектирования многослойного теплозащитного экрана КА является внешнее тепловое воздействие на аппарат, которое определяется баллистическими условиями.

В условиях сверхорбитального входа пилотируемого космического аппарата в атмосферу Земли принципиальными являются как конвективный механизм переноса энергии к поверхности КА, так и перенос энергии излучением. В настоящее время имеются развитые средства компьютерного моделирования конвективного и радиационного теплообмена. В их основу положены модели, содержащие уравнения движения вязкого, теплопроводного, химически и термически неравновесного излучающего газа. Такой подход позволяет осуществлять детальное моделирование с учетом многообразия протекающих процессов и воздействующих факторов. Применение данного подхода к анализу сверхорбитального входа космического аппарата в атмосферу рассмотрено в работах.

Конвективный теплообмен в наиболее полной постановке рассчитывается путем решения системы уравнений неразрывности для смеси в целом и для отдельных компонент, уравнений Навье–Стокса и уравнения сохранения энергии. Теплоемкость и переносные свойства компонента обычно рассчитываются по аппроксимационным зависимостям. Для определения констант скоростей химических реакций в реагирующем газе часто используется модель Парка, где для определения этих констант в случае прямых и обратных реакций используется закон Аррениуса.

Представлены результаты расчёта: траектории баллистического спуска аппарата для различных вариантов аэродинамических характеристик, конвективных и радиационных тепловых потоков в критических точках корпуса, что позволяет проанализировать принципиальную возможность создания неразрушаемой тепловой защиты для анализируемых аппаратов.

Список используемых источников:

1. Тирский Г. А., Сахаров В. И., Ковалёв В. Л., Егоров И.В. и др. Гиперзвуковая аэродинамика и теплообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: Физматлит, 2011.

2. Viviani A., Pezzella G. Aerodynamic and aerothermodynamic analysis of space mission vehicles. Springer International Publishing Switzerland, 2015.

3. Суржиков С.Т. Компьютерная аэрофизика спускаемых космических аппаратов. Двухмерные модели. М.: Физматлит, 2018.

4. Суржиков С.Т., Радиационная газовая динамика лобовой поверхности командного модуля Аполлон-4 при сверхорбитальном входе в атмосферу// Известия РАН. МЖГ., 2017, № 6, с. 108-124.

## **Имитатор солнечного излучения на основе высокоэффективных светодиодов**

Данилов М.Д.

Научный руководитель — д.т.н. Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Одним из этапов разработки космических аппаратов является наземная экспериментальная отработка, с использованием имитаторов солнечного излучения. Наиболее важным компонентом данных имитаторов является источник излучения [1, 2].

В настоящее время на кафедре 208 МАИ под уникальную научную установку «Стенд ПП-2» создан экспериментальный имитатор солнечного излучения на основе высокоэффективных светодиодов, дополненный галогеновыми лампами для улучшения соответствия солнечному спектру излучения в инфракрасном диапазоне. Особенностью данного имитатора является возможность работы в вакууме.

Светодиоды оснащены линзами, фокусирующими световой поток таким образом, что освещаемая площадь на расстоянии 500 мм от источника имеет форму окружности диаметром 580 мм. Светодиоды крепятся на термоосновании, обеспечивающем эффективный отвод тепла, так как сильный нагрев снижает световой поток светодиода и уменьшает его полезный срок службы [3].

Преимуществами имитатора являются: высокое спектральное соответствие без необходимости использования оптических фильтров; обеспечение различных уровней плотности светового потока от 280 до 1400 Вт/м<sup>2</sup>; временная стабильность; большой ресурс, безопасность и низкое потребление энергии по сравнению с дуговыми лампами.

Список используемых источников:

1. Шевчук А.А., Двирный Г.В., Крушенко Г.Г., Двирный В.В., Елфимова М.В. Оптическая система перспективного светодиодного имитатора солнечного излучения для наземной отработки космических аппаратов // Космические аппараты и технологии. — 2019. — т. 3, № 1 (27), С. 28-40

2. Двирный Г.В., Шевчук А.А., Двирный В.В., Елфимова М.В., Крушенко Г.Г. Анализ возможности создания имитатора солнечного излучения на основе светодиодных источников для наземной отработки космических аппаратов // Сибирский журнал науки и технологий. — 2018. — т.19, № 2, С. 271-280

3. Павлова А.А., Рамазанов А.Н., Кострин Д.К. Анализ температурных зависимостей светотехнических характеристик светодиодов // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». — 2022.

## **Модуль оценки показателей долговечности электрорадиоизделий, входящих в состав космических аппаратов**

Демокидов А.Р., Тюрина А.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

На данный момент особое внимание уделяется развитию ракетно-космической отрасли в Российской Федерации. Распространение на мировой рынок разработанных космических комплексов, которые превосходят по технологиям аналоги, способствует росту экономики страны. Однако, для исправной работы космических систем необходимо соблюдать стандарты по надежности и безопасности [1]. Центр исследования надежности RAC опубликовал статистику о процентном соотношении категорий отказов, у 20% отказов вид причины не установлен [2]. Можно сделать вывод о том, что причиной отказов является неточный и недостоверный расчет параметров долговечности. Таким образом, существенно повысить значение надежности можно уменьшением количества внештатных отказов во время эксплуатации на самом низком уровне — электрорадиоизделий. Проведя исследование, было выявлено, что в нынешних используемых методиках расчета параметров безотказности и долговечности, описанных в справочниках «Надежность ЭРИ ИП» [3] и «ОСТ 4ГО.012.013-84» [4], имеются значительные недостатки, а именно: упрощение

математической модели расчета гамма-процентного ресурса путем принятия для всех классов ЭРИ коэффициента вариации равного 0.15, отсутствия единой формулы расчета эксплуатационной интенсивности отказов кристалла интегральных микросхем, отсутствия рекомендаций по повышению значений долговечности электронного устройства. Данная разработка позволит сократить финансовые расходы на устранение последствий отказов космических аппаратов благодаря уточнённой оценке параметров долговечности электронных компонентов.

Целью разработки является повышение эффективности и точности расчета параметров долговечности современных ЭРИ. Более того, использование разработанного программного продукта позволит повысить надежность, используя методы резервирования. Резервирование можно разделить по нагрузке: нагруженное, облегченное, ненагруженное [4].

В основе методики для каждого класса ЭРИ лежит 3 части: расчет параметров безотказности, расчет параметров долговечности, улучшение параметров долговечности. Последняя часть является опциональной и используется, если значение минимальной наработки не соответствует требованиям. Тогда приложение предлагает группу резервирования в зависимости от условия установки ЭРИ. В результате исследования вычислен коэффициент вариации для каждого класса ЭРИ и рекомендована формула для расчета эксплуатационной интенсивности отказов кристалла.

Для автоматизированного расчета параметров долговечности разработан веб-сервис на основе технологий Microsoft: .NET, ASP.NET, Microsoft SQL Server. .NET — это платформа для разработчиков, состоящая из инструментов, языков программирования и библиотек для создания множества различных типов приложений. ASP.NET расширяет платформу разработчика .NET инструментами для создания веб-приложений. В разработке используется ASP.NET, потому что он работает быстрее, чем любой популярный веб-фреймворк в независимых тестах TechEmpower.

Для использования приложения необходимо зарегистрироваться, создать проект электронного модуля первого уровня. Перейдя в проект, создать все ЭРИ, входящие в состав устройства, и вписать необходимые параметры для расчета. После записи необходимых значений провести автоматический расчет. После полученного результата, применить предложенное резервирование для повышения минимальной наработки устройства.

Таким образом, разработанный модуль позволит более точно рассчитывать значения параметров долговечности ЭРИ, что предоставит инженеру проектировать более надежную конструкцию электронных устройств. Более того, данная разработка позволит сократить финансовые расходы и время на проектирование электронных модулей первого уровня благодаря автоматическому расчету.

Список используемых источников:

1. Севастьянов Н.Н., Андреев А.И. Основы управления надежностью космических аппаратов с длительными сроками эксплуатации / под общ. ред. Н.Н. Севастьянова. — Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. — 266 с.
2. Королев П. С. Влияние коэффициента качества производства аппаратуры на оценку показателей надежности радиолокационного оборудования в RIAC-HDBK-217PLUS // В кн.: Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции / Отв. ред.: И. А. Иванов. Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2019. С. 439441.
3. Надежность ЭРИ ИП: справочник. — М.:МО RF, р. 52, 2006.
4. ОСТ 4ГО.012.013-84. Аппаратура радиоэлектронная. Определение показателей долговечности.

## **Развитие малой авиации для увеличения транспортной доступности, логистических цепочек и туризма, в регионах Дальнего Востока, СФО и СКФО**

Дитрих Д.М., Кузнецов Е.А., Володов А.С.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

На данный момент на Дальнем Востоке, Сибири, а также в некоторых регионах Кавказа наблюдаются некачественные транспортные сети и транспортная доступность внутри территории регионов, отсутствие комфортабельного и доступного туризма, а также отсутствие логистических цепочек между регионами. Указанные проблемы имеют место быть из-за неразвитой системы малой авиации и малого использования малометражных самолетов, не только в данных регионах, но и во всей России в целом, что безусловно является важной проблемой, так как сильно сказывается на качестве и уровне жизни людей.

С помощью интеграции самолетов малой авиации мой проект предлагает пути решений для каждого из пунктов:

1. Некачественные транспортная сети и транспортная доступность:

1.1) внесение понятия малой авиации в законодательство РФ

На данных момент в нормативно-правовых актах не существует понятия «малая авиация», несмотря на то что этот термин часто упоминается высокопоставленными лицами. (Принято считать, что такой самолет обладает следующими характеристиками: Взлетная тяга-9тон, количество пассажиров-до 20 чел., тяга-1000кг\*с) Из-за отсутствия четкого определения, цена за аренду места, техническое обслуживание и использование аэропортов составляет столько же, сколько за самолет общего назначения, что очень негативно сказывается на стоимости перелета, а следовательно-авиаперевозках. Необходимо внести в законодательство фиксированные цены и стандартизовать систему малой авиации.

1.2) увеличение числа самолетов малой авиации

Сейчас, количество самолетов малой авиации на территории России-7 тысяч, в регионах-1,5 тысячи. Для примера, в США это количество достигает более 210 тысяч. Наблюдается явный недостаток авиационного транспорта, а так как в большинстве мест можно добраться только с помощью таких самолетов, это негативно отражается на транспортной доступности регионов. Для нормального функционирования авиаперевозок необходимо добиться показателя в минимум 150 тысяч экземпляров (увеличение в сотню раз).

1.3) малометражные самолеты-как трансфер

Необходимо отладить трансфер до мест назначения с помощью самолетов малой авиации. На данный момент такая услуга не распространена, а ее стоимость сильно завышена (пояснение в п. 1.1). Нужно добиться, чтобы стоимость трансфера с помощью самолета несильно превышала трансфер с помощью автомобиля.

2. Отсутствие логистических цепочек:

2.1) Логистические цепочки — это цепочки авиаперевозок с самолетами малой авиации, проходящими через регионы, а также два главных маршрута через всю страну, которые будут протягиваться с юга на север и с запада на восток. На маршруты с большим километражем будут предусмотрены посадки разной протяженности по времени. Такие перелеты будут в разы дешевле обычных, так как самолет малой авиации дешевле в эксплуатации (особенно если учесть внесение этой категории в законодательство РФ).

Предусмотрены несколько видов посадок:

Короткая посадка-Перелет с одного города/точки интереса в другой, с короткой посадкой в несколько часов, для прогулки по городу/перекуса/отдыха, перед прибытием в место назначения.

Длительная посадка-Перелет с одного города/точки интереса в другой, с длительной посадкой в 1–5 дней, для полноценного отдыха в этом городе, перед прибытием в место назначения.

2.2) Перелеты «Север-Юг»

Много-метражный перелет с севера на юг России или с запада на восток, с совершением одной или нескольких пересадок разного типа. До самого конца можно не долетать и просто «выйти на своей остановке» во время пересадки.

3. Отсутствие комфортабельного и доступного туризма:

3.1) Авиа-туры:

Перелеты по цепи регионов/другим точкам интереса, с остановками в каждом по несколько дней в каждом, для знакомства с культурой, местной кухней и обычаями, в следствие возвращаясь обратно в аэропорт вылета, делая круг (по аналогии с золотым кольцом России).

3.2) Облагораживание точек интереса и создание экскурсионных маршрутов.

3.3) Jet-sharing:

Дословно переводится «разделить самолет». Эта услуга дает возможность перелета бизнес-джетом в формате кресельной аренды. Благодаря наличию попутчиков вы можете сэкономить до 90% стоимости перелета. Такая система уже реализуется в некоторых частных авиакомпаниях, но как правило, такие перелеты являются альтернативой к регулярным рейсам бизнес-класса, следовательно, цена за такое удовольствие может исчисляться в тысячах евро. В упомянутых регионах возможно организовать такую же систему, но на более близкие дистанции, следовательно, с более низкой ценой за перелет.

Подводя итог, при осуществлении представленных выше пунктов, можно добиться существенного увеличения транспортной доступности и туризма на территории регионов, а также развития малой авиации в РФ.

Список используемых источников:

1. Чиликин К. П. Логистика Дальнего Востока: проблемы развития, возможности, решения / Актуальные проблемы управления-2018 г. Материалы 23-й международной научно-практической конференции. Государственный университет управления. 2019. С. 101-103

2. Константинова Д.С, Суворова С.Д. Логистика Дальнего Востока: оденка состояния и перспективы развития / Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 6-1 всероссийской национальной научно-практической конференции. Курск 2021 г. С. 204-207

## **Обоснование рациональной формы конструкции вращающейся космической системы для орбитального маневрирования**

Екимовская А.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Лебедев В.В.

МАИ, Москва

Задача выбора компоновочной схемы вращающегося космического аппарата (КА) появилась из назначения конструкции. В баллистических работах было доказано, что вращающаяся космическая система может совершить орбитальный переход, например, манёвр Гомана, только за счёт запасённой кинетической энергии вращения [1].

В этой работе баллистические вопросы не рассматриваются, но появилось новое направление, связанное с конструкцией вращающихся космических систем. Простейшая модель стержневого вращающегося КА является очень приближённой, не рациональной для практического применения, служит только для иллюстрации возможности орбитального маневрирования разрывом стержня [2]. Вывод КА на орбиту — это очень дорогостоящее мероприятие. Значит, КА должны иметь наименьшую массу при максимальном полезном объёме, то есть рациональную форму конструкции [3]. С позиции вариационного исчисления такому условию удовлетворяет сфера. Но единичная сферическая конструкция не приспособлена для маневрирования разрывом связи.

Для поиска рациональных форм вращающихся космических аппаратов сначала потребовалось изучить свойства типовых геометрических фигур, прежде всего, частей сферы. Это нужно для выяснения условий состыковки единичных фрагментов в сложные конструкции. В частности, известна рациональная форма сферического аквариума для

разведения рыбок, в котором срез сферы выполнен на половине радиуса. Такая открытая конструкция обладает максимальным объёмом при минимальной поверхности. Сразу появилась исследовательская задача о других вариантах рациональных компоновок единичных усечённых сферических отсеков, но теперь уже для вращающихся КА. Сначала была изучена расчётная схема конструкции в форме шарового сегмента в качестве элементарной структуры для комбинированной конструкции.

Первой задачей стало выяснение вопроса о возможности герметизации отсека плоской круговой крышкой. Математически были записаны формулы для объёма и поверхности блока, выведена целевая функция в виде отношения объёма к площади, а потом проведено исследование на максимум. Оказалось, что у шарового слоя экстремумы отсутствуют, поэтому надо оперировать наибольшим значением функции на заданном ограничительном отрезке значений возможного среза.

Первый простейший способ создания замкнутой конструкции заключается в состыковке двух оптимальных «аквариумов». Срез каждого отсека выполнен в середине радиуса. Такая система может быть закручена вокруг центральной оси, лежащей в плоскости среза. Каждый модуль получит линейные скорости вращения, а система в целом — кинетическую энергию вращения, которая высвобождается после разрыва кольцевой связи между отсеками. Эта конструкция не рациональна, потому что после разъединения получаются два открытых отсека.

Аналогично был исследован на экстремальные свойства сферический слой с двумя срезами. Оказалось, что у целевой функции тоже нет экстремумов. Но если один срез закрыть плоской круговой крышкой, то появится локальный максимум. Для максимизации отношения объёма к площади отсека с двумя срезами и одной крышкой, то есть сферической части «аквариума» с плоским дном, надо сделать срезы на расстояниях приблизительно 0,255 радиуса, отсчитывая от конца радиуса, от сферы. Две крышки опять приведут к системе без экстремума.

Более интересной оказалась система из трёх шаровых слоёв. Для максимизации отношения объёма к площади поверхности трёх отсеков без перегородок надо сделать срезы на расстояниях приблизительно 0,545 радиуса, отсчитывая от конца радиуса, от сферы. Этот результат тоже очень похож на известный открытый сферический «аквариум», но срез должен быть несколько ближе к центру, 0,545 радиуса от сферы против 0,5. Но если ввести перегородки, результат изменяется принципиально. Для максимизации отношения объёма к площади трёх отсеков с двумя внутренними перегородками надо сделать срезы на расстояниях приблизительно 0,246 радиуса, отсчитывая от конца радиуса, от сферы. Этот результат интереснее с технической точки зрения, потому что центральный отсек можно сделать приборным, а концевые отсеки будут герметичными после разрыва связи вращающейся системы. Один герметичный отсек получит разгонный импульс, другой затормозится. Можно механически за счёт энергии вращения разогнать один герметичный отсек, а другие один или два, напротив, затормозить. Появилась возможность варьирования конструкции для решения целевой задачи. Двойные перегородки, для герметизации всех трёх отсеков после расстыковки, не дадут экстремума целевой функции. Но если двойные перегородки выполнить из листового материала с поверхностной плотностью в два раза меньше, чем у сферических слоёв, то опять получается задача с двумя формальными перегородками, хотя фактически их четыре. У конструктора появилась возможность выбора рациональной формы КА.

Таким образом, методами дифференциального исчисления можно предложить рациональную или оптимальную форму вращающейся космической системы для орбитального маневрирования посредством запасённой механической энергии.

Список используемых источников:

1. Екимовская А.А. Орбитальный манёвр Гомана разрывом связей вращающейся тросовой системы //Материалы Международного молодёжного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2022». Отв. Ред. И.А.Алешковский, А.В.Андрянов, Е.А.Антипов, Е.И.Зимакова. [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2022.

2. Екимовская А.А. Орбитальное маневрирование разрывом вращающегося отрезка / VII Музруковские Чтения: Материалы Международной научно-практической конференции, 26-30 сентября 2022г./ ГБПОУ СПТ им. Б.Г. Музрукова, отв. за выпуск И.В. Столяров; — Саров: Интерконтакт, 2022, 438 с. — С.148-152.

3. Екимовская А.А. Вращающиеся системы — новый вид космических аппаратов / Сборник трудов XV Всероссийской студенческой научной школы «Аэрокосмическая декада». — М.: Издательство «Перо», 2022. — 269 с. — С.80-85.

## **Системы ориентации и стабилизации малых космических аппаратов**

Есина П.А., Галиев А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Корнев В.М.

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

На сегодняшний день одной из важнейших задач развития космической техники является создание малых космических аппаратов (МКА), масса которых менее 100 кг. Их преимущественной чертой является относительно низкая стоимость и простота конструкции. Однако, особенно сложным до сих пор остается начальный этап проектирования, где помимо вопросов о конструктивно-компоновочной схеме речь идет и об определении основных типов служебных систем, в частности систем ориентации и стабилизации (СОС) [1].

Целью данной работы было разобрать имеющиеся СОС космических аппаратов для определения наиболее оптимальных систем применительно к МКА.

Системы ориентации подразделяются на активные и пассивные, в то время как системы стабилизации исключительно активные. К активной системе можно отнести: электромагнитные установки, газореактивные сопла, инерциальные маховики. К пассивной относятся: аэродинамическое давление, гравитационные поля, силы солнечной радиации и постоянные магниты, взаимодействующие с магнитным полем Земли. Существуют комбинированные системы, которые целесообразнее применять для тех задач, где первоочередным является обеспечение полной стабилизации относительно всех осей вращения.

Системы, которым характерна функция стабилизации, основанная на фиксированном положении, будь то в направлении вектора скорости у аэродинамических систем, либо по местной вертикали у гравитационных систем, либо в направлении на Солнце, хотя и обладают определенными преимуществами, но не используются в таких спутниках из-за сложности в применении.

Наиболее распространенная СОС у спутников — система с газореактивными соплами (реактивные двигатели). В ходе своей работы данные исполнительные органы отбрасывают горячий либо холодный газ через сопло, и создают силу, которая стабилизирует движение космического аппарата. Однако, в этом случае требуется хранение топлива на борту, тем самым увеличивая массу спутника, что недопустимо для МКА.

Активно используется магнито-маховиковая СОС. В этих СОС в роли исполнительных органов выступают двигатели-маховики, которые генерируют управляющие моменты для получения требуемой ориентации МКА. Оси вращения образуют и ортогональную систему координат и совпадают с главными осевыми моментами инерции МКА. Использование магнитных катушек для создания вращательного движения маховика позволяет не расходовать рабочее тело МКА, а простота конструкции системы надежно, эффективно ориентировать и стабилизировать МКА в пространстве. В основу динамических и кинематических расчетов СОС положены кинетические моменты станции и маховика [1-2]. Данной системе уделяется особое внимание, так как она чаще всего отвечает основным требованиям для МКА.

Сложность выбора системы ориентации и стабилизации малых космических аппаратов обусловлена тем, что имеется множество различных конструкций таких систем, определяющихся индивидуальными поставленными задачами для МКА и определенными экономическими ограничениями.

Список используемых источников:

1. Гушин В.Н. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 2003, 241–257 с.

2. Корнев В.М., Боброва Р.Г. Теоретическая механика: Методические указания для самостоятельной работы студентов специальностей 0516, 0519, 0558, 0639, 0901, 0902 (динамика материальной системы). — Красноярск: СТИ, 1986, 20 с.

**Математическая модель оценки вероятности безотказной работы  
двигательной установки современных ракет носителей и её применение при  
анализе техники посредством вычислений с использованием  
соответствующего прикладного программного обеспечения**

Зайцев Н.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ненарокомов А.В.

МАИ, Москва

Независимо от назначения ракетно-космической системы, двигательная установка ракетной системы проектируется исходя из критерия высокой надёжности, поскольку отказ двигательной установки на любом из участков выведения зачастую гарантировано оканчивается потерей раке-ты носителя и полезной нагрузки.

Ввиду большой номенклатуры существующих двигателей, в состав двигательных установок ракетных блоков перспективных ракет

носителей различной грузоподъёмности часто включают несколько ра-кетных двигателей. В таком случае, отдельного внимания заслуживает целесообразность данного подхода с точки зрения общей надёжности системы.

В исследовании представлена математическая модель оценки надёжности двигательной установки ракеты носителя в зависимости от количества ракетных двигателей, входящих в её состав. Разработан алгоритм для ре-шения обратной задачи, позволяющий проводить оценку системы управления двигательной установкой и характеристик единичного двигателя ракеты носителя при ограниченных данных об образце.

Исходными данными для оценки надёжности является статистическая

вероятность безотказной работы единичного двигателя, вероятность ава-рийного завершения работы и вероятность безопасного отключения двигателя в составе космической системы.

Представлены графические результаты расчёта: области надёжности двигательной установки, график вероятности безотказной работы состава из нескольких двигателей, по сравнению с единичным двигателем, а также графические данные по обратной задаче.

Кроме того, проведён анализ двигательной установки ракеты Falcon-9 в соответствии с выбранным алгоритмом

Список используемых источников:

1. Солнцев В.Л., Радугин И.С., Задеба В.А. Основные требования к маршевым двигателям перспективных ракет-носителей сверхтяжелого класса с жидкостными ракетными двигателями // Космическая техника и технологии. 2015. — №2(9). — С. 25-38.

2. Аджян А.П., Аким Э.Л., Алифанов О.М., Андреев А.Н. Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV-22 В двух книгах. Книга первая

3. Губанов Б.И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора.

Т. 3: «ЭНЕРГИЯ» — «БУРАН». Н. Новгород: НИЭР, 1998 441 с.

## Исследование особенностей обеспечения температурных режимов при работе с криогенными компонентами топлива

Ильков П.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день в отечественном ракетно-строении наилучшие энергетические характеристики демонстрируют жидкостные ракетные двигатели на низкокипящих (криогенных) компонентах ракетного топлива. Поэтому задача обеспечения температурных режимов при работе с криогенными компонентами топлива является одной из важнейших в цикле эксплуатации изделий ракетно-космической техники.

Криогенные заправочные системы стартовых комплексов предназначены для накопления, хранения и заправки криогенных продуктов в баки ракеты-носителя разгонного блока и космического корабля с заданными параметрами, а также для поддержания в них определенного уровня компонента и необходимой температуры жидкости в течение заданного времени. При этом в процессе подготовки ракеты к пуску кроме заправки могут осуществляться подпитка баков компонентом топлива, термостатирование продукта в баке ракеты, слив продукта, обеспечение «стоянки ракеты на самоиспарении», повторная заправка.

Весь спектр оборудования, применяемого в криогенных системах, можно разделить на следующие категории:

- Тепловая изоляция: Оборудование криогенных заправочных систем, соприкасающееся с криогенной жидкостью, должно быть защищено от притока теплоты из окружающей среды. По мере уменьшения температуры требования к эффективности теплоизоляции криогенного оборудования повышаются. Это связано с тем, что при снижении температуры теплоприток через изоляцию возрастает, т. е. увеличиваются потери продукта.

- Криогенные резервуары и трубопроводы: для накопления, хранения и выдачи криогенной жидкости в составе заправочных систем используют криогенные резервуары. Резервуары с входящими в них трубопроводами и арматурой (обычно называемые обвязкой) объединяются в хранилище заправочной системы.

- Теплообменные машины: процесс получения газов из криогенных жидкостей происходит в теплообменных аппаратах, в которых криогенные компоненты нагреваются до температуры выше температур их кипения при атмосферном давлении за счет теплоты окружающего воздуха.

- Газификационные установки: стартовые комплексы оснащаются криогенными газификационными установками высокого давления. Это вызвано необходимостью закачки ресиверов (реципиентов) сжатым газом высокого давления (до 400 кгс/см<sup>2</sup>), чаще всего азотом.

Как окислитель жидкий кислород был использован еще в 1930-х годах, а в 1960-ые годы жидкие кислород и азот нашли широкое применение в космических ракетах-носителях. Использование криогенных продуктов в ракетной технике привело к разработке заправочных систем, обеспечивающих хранение этих компонентов без изменения кондиции и заправку ракет. Для создания криогенных систем были привлечены крупные специализированные конструкторские бюро, научно-исследовательские институты и заводы.

С целью анализа перспектив развития средств термостатирования, был произведен патентный поиск по тематике криогенной техники. В результате анализа спектра применяемого оборудования и истории развития отечественных криогенных систем термостатирования, а также проведенного патентного поиска по тематике криогенной техники можно сделать следующие прогнозы относительно перспектив развития отечественных криогенных систем:

- Внедрение новых материалов. Использование композитных материалов в качестве теплоизоляции. Возможность замены «прослойки» из теплоизолятора с внешним кожухом на сложные многоуровневые композиты, таким образом повышая долговечность, износостойкость и снижая габариты топливных магистралей.

- Стремление к повышению эффективности систем термостатирования, как путем модернизации применяемого оборудования (повышение коэффициента полезного действия рекуперативных теплообменников), так и введением новых функций (выработка дополнительной электроэнергии системой термостатирования).

- Дальнейшее повышение безотказности, возможность выполнения операция даже в аварийной ситуации, при разгерметизации трубопроводов.

- Повышение общей ремонтопригодности и надежности (внедрение оборудования с малым периодом ремонтных работ, что обеспечивается легкой разборностью арматуры, или возможностью быстрой замены на исправное оборудование, снижение температурных нагрузок, оказываемых на оборудование криогенных систем термостатирования).

Данные предложения могут быть реализованы как на существующих ракетных комплексах, путем их модернизации, так и быть учтены при разработке новых стартовых комплексов для перспективных ракет-носителей, использующих криогенные топлива.

Список используемых источников:

1. Александров А.А., Бармин И.В., Золин А.В. Чугунков В.В. Анализ эффективности охлаждения углеводородного топлива с использованием жидкого азота и комбинации рекуперативных теплообменников / Инженерный журнал: наука и инновации. 2020. №3. — 19 с.

2. Александров А.А., Бармин И.В., Кунис И.Д., Чугунков В.В. Особенности создания и развития криогенных систем ракетно-космических стартовых комплексов «Союз» / Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2016. № 2. С.7–27.

3. Золин А.В., Чугунков В.В. Моделирование процессов температурной подготовки ракетного горючего в системе заправки стартового комплекса. Аэрокосмический научный журнал. Сетевое издание. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. — 12 с.

## **Решение задач отработки газодинамики старта перспективных многоразовых ракет носителей**

Коларов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Блатиков Г.А.

МАИ, Москва

Данная тема крайне актуальна особенно в наше время в силу того, что на данном этапе развития ракетно-космической техники необходимо произвести переход в новую эпоху производства. Данная тема была выбрана исходя из исследования проблем современной космической индустрии.

Актуальность этой темы объясняется перспективностью многоразовых ракет-носителей. Проблематика данной темы связана в основном с спецификой отработки газодинамики старта.

Степень проработанности темы уже достаточно высока. Отработкой газодинамики старта многоразовых ракет-носителей занимались такие известные и уважаемые деятели как Дядькин А.А., Белошенко Б.Г., Кудрявцев О.Н., Паджев С.Н., Шилов Л.А., Хотулев В.А.

Целью данного исследования является выявление сильных и слабых сторон многоразовых ракет-носителей, и возможность их широкого внедрения в современную ракетно-космическую промышленность.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

1. Рассмотрены существующие многоразовые ракеты-носителей космического назначения.

2. Проанализированы современные задачи отработки газодинамики старта.

3. Сделаны выводы из имеющегося опыта отработки газодинамики старта отечественных многоразовых ракет-носителей.

Объектом исследований в данной работе будут являться существующие примеры многоразового пуска ракет космического назначения.

Предметом исследования в данном случае будет являться сами РН, а также опыт отработки пуска некоторых многоразовых космических ракет.

Список используемых источников:

1. Строгалев В.П., Толкачева И.О., Быков Н.В. Основы прикладной газовой динамики М. 2011.
2. Бирюков Г.П., Бут А.Б., Хотулев В.А. Газодинамика стартовых комплексов. М. 2015.
3. Falkovich, G. Fluid Mechanics, a short course for physicists (англ.). — Cambridge University Press, 2011. — ISBN 978-1-107-00575-4.
4. Белошенко Б. Г., Кудрявцев О. Н., Паджев С. Н., Шилов Л. А., Хотулев В. А. Результаты экспериментальной отработки газодинамики старта ракет, создание отраслевой базы и системы экспериментальной отработки // Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики. 2002.

### **Разработка модуля солнечных панелей для малого космического аппарата CubeSat**

Коновалов Д.М., Соловьев Н.А., Кададова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Арипова О.В.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

CubeSat — малый космический аппарат (МКА), оснащенный различными системами и предназначенный для осуществления учебных студенческих орбитальных миссий [1]. Разработка полезных нагрузок (ПН) для МКА в БГТУ «ВОЕНМЕХ» ведётся в рамках выигранного гранта проекта «Дежурный по планете» (6 очередь) проекта Space-ri, организованного Фондом содействия инновациям [2].

Ведется разработка модуля раскрывающихся солнечных панелей с использованием пружины кручения, храпового механизма и устройства пережигания нити [3]. Модуль представляет собой две симметричные относительно геометрической оси спутника солнечные панели. В сложенном положении модуль занимает объем не более 1U (10x10x10 см) CubeSat. После выхода спутника на орбиту происходит раскрытие солнечных панелей за пределами габаритных размеров CubeSat. За счет подачи на пережигатели электрического тока нить, удерживающая весь механизм в начальном положении, рвется, прекращая мешать раскрытию, и под действием пружины панель отклоняется на угол 90 градусов. Угол раскрытия ограничивается физическим стопором. Таким образом осуществляется раскрытие солнечных панелей.

После раскрытия модуль обеспечивает две солнечные панели одинаковой освещенностью солнечным светом, что позволяет проводить некоторые исследования, например, наблюдение за изменением характеристик панели под воздействием влияния факторов космического пространства, для этого одна солнечная панель может быть выполнена в космическом исполнении, т.е. с защитой от радиации, а вторая без.

Детали механизма изготавливаются с использованием фрезерного станка и 3D печати металлом. Это позволяет изготовить части с требуемыми прочностными и весовыми характеристиками. Напечатанные детали имеют более плотную и однородную структуру, что повышает разрывную прочность, отсутствие инструментальной обработки повышает поверхностную прочность.

В рамках данного проекта разрабатывается модуль, позволяющий осуществить раскрытие стандартных солнечных панелей 1U CubeSat. В перспективе рассматривается возможность применения концепции модуля раскрытия солнечных панелей на основе полученных результатов летных испытаний для аппаратов с большими габаритами.

Список используемых источников:

1. CubeSat 101 Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers. NASA. NP-2017-10-2470-HQ;
2. Дежурный по планете. [Электронный ресурс] // Электрон. дан. URL: <https://www.spacecontest.ru/> (дата обращения: 25.02.2023);

3. Схемы раскрытия фотоэлектрических батарей. Классификация схем раскрытия фотоэлектрических батарей. [Электронный ресурс] // Электрон. дан. URL: <https://vunivere.ru/work62044/page12> (дата обращения: 26.02.2023).

### **Влияние конструкции газотражателя на нагрузки при старте ракеты-носителя**

Куденко Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

На газотражатель стартового комплекса действует множество различных нагрузок. При запуске двигательной установки в газотражателе одновременно возникает множество процессов, таких как: акустические, тепловые, квазистационарные и ударно-волновые. Ударно-волновые процессы отличает ударный характер воздействия. Они возникают, например, при старте двигательной установки и длятся короткое время (десятичные доли секунд), при этом перепад давления ударных волн составляет от  $5 \cdot 10^5$  до  $8 \cdot 10^5$  Па.

Квазистационарные процессы — это условно стационарные процессы. Они могут рассчитываться без учета зависимости от времени.

Акустические процессы происходят при квазистационарных процессах. Хотя струя и стационарная, она тем не менее является источником акустического поля. При старте ракеты-носителя (РН) уровень звука может достичь 160 Дб. Акустические процессы, в отличие от ударно-волновых характеризуются не большими перепадами давления (перепады давления при таких процессах примерно от  $0,001 \cdot 10^5$  Па до  $0,01 \cdot 10^5$  Па), а высокими частотами что и представляет опасность и может негативно повлиять на РН и пусковые установки (ПУ), вплоть до их выхода из строя.

Нагрузки от всех этих процессов могут действовать как раздельно, так и вместе. А из-за того, что при течении реактивной струи возникает высокое тепловое и силовое нагружение, как самой РН, так и ПУ, при проектировании стартовых комплексов возникает задача защиты РН и ПУ от нагрузок, при старте и работе двигательной установки (ДУ). Защитить РН и ПУ от действия реактивной струи от ДУ можно с помощью газотражателя.

Очень опасно тепловое воздействие. При возникновении реактивной струи резко увеличивается температура поверхности газотражателя, скорость возрастания порядка  $800 - 3500$  К/с, это может приводить к таким последствиям, как плавление металла облицовки газотражателя.

При одновременном воздействии силовых и тепловых нагрузок на конструкцию пусковой установки образуются зоны ползучих и пластических деформаций, что может снизить прочность пусковой установки и соответственно — срок службы стартового комплекса.

При течении реактивной струи по газотражателю наибольшие силовые и тепловые нагрузки возникают на участках с наименьшими углами между гранями газотражателя, максимальные давление и температура приходятся на криволинейный участок газотражателя, при увеличении угла газотражателя силовые и тепловые нагрузки уменьшаются. Таким образом можно находить углы газотражателя, при которых возникают слишком большие силовые и тепловые нагрузки и избегать их при проектировании. Так можно спроектировать оптимальный для конкретной РКН газоход.

Так как строительство стартового комплекса дорогостоящий проект, для снижения затрат стоит рассмотреть строительство универсальных стартовых комплексов под различные РКН. Но следует учитывать, что у различных РКН отличаются газодинамические и геометрические параметры, что приводит к различному нагружению газотражателя. Соответственно для возможности запуска разных РКН следует предусмотреть возможность изменения угла наклона граней. Для продления срока службы механизма перемещения граней целесообразно предусмотреть решение, не допускающее попадания реактивной струи и раскаленных газов между подвижными элементами газохода.

Список используемых источников:

1. Маштаков А.П., Красильников Р.В. Физические основы пуска: учебное пособие. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2018. 112 с.
2. Решение задачи оценивания пусковых нагрузок и выбора параметров газоотражателя / И. О. Кукушкин, В. Л. Слатов, А. В. Лагун, С. В. Слатов // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технические науки. 2020. Номер 6. С51 — 63 URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43145624\\_55937631.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43145624_55937631.pdf) (Дата обращения: 10.02.2023)
3. Келекеев Р. В. Совершенствование газоотражательных устройств пусковых установок: авт. дисс...канд. техн. наук. Омск, 2005. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-gazootrazhatelnykh-ustroystv-puskovykh-ustanovok> (Дата обращения: 12.02.2023)

## **Внедрение малых космических аппаратов в межпланетные миссии**

Литвинович Н.В., Ткачук М.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Кучейко А.А.

МАИ, Москва

Освоение Марса — давняя мечта человечества, которая с каждым годом становится все реальнее. Осуществление миссии на Марс позволит нам провести более глубокие наблюдательные исследования планеты, а также отработку новых и уже существующих технологий. В данной работе мы сконструировали орбитальную группировку малых космических аппаратов, которые предлагается использовать в качестве полезной нагрузки ракеты-носителя в программе по исследованию и освоению Марса. Наноспутники выбраны в качестве полезной нагрузки, так как они состоят из небольших компонентов, которые желательны по многим причинам, включая низкую стоимость производства, быструю разработку, простые системы и несложное развертывание на орбите.

С целью допуска меньшей доли ошибок был произведен анализ аналогичных уже существующих (MarsCO или Mars Cube One), а также только планируемых, но подающих большие надежды миссий (CubeSat UV Experiment — CUVE; Europa Clipper, Artemida 1) с использованием малых космических аппаратов. На основании обнаруженных просчетов были учтены возможные сложности в данной работе.

В ходе работы были выделены следующие модули:

1) Модуль полезной нагрузки, который представляет собой CubeSat размера 12U. Данный аппарат выполняет следующие функции: ДЗМ, связи, сбор данных о магнитосфере, радиационной обстановке Марса. Модуль включает в себя: бортовой комплекс управления, систему связи, систему обеспечения теплового режима, телеметрическую систему, оптическую полезную нагрузку, магнитно-анализирующую и радиационно-анализирующую нагрузку, систему стыковки и электроснабжения.

2) Энергетический модуль- CubeSat 12U, рассчитан на выполнение следующих задач: корректировка траектории полета с помощью ОДУ, обеспечение связи и электроэнергии. Данный модуль включает в себя солнечную электродвигательную установку, для управления движением относительно центра масса спутника.

3) Робот-манипулятор, занимает объем наноспутника 12U, должен обеспечивать стыковку энергетического модуля и модуля полезной нагрузки. Включает в себя бортовой комплекс управления и следующие системы: систему сервоприводов, электроснабжения, связи, стыковки, телеметрическую и систему интеллектуальной камеры.

Для моделирования и прогнозирования движения межпланетного полета космического аппарата использовались как аналитические, так и численные методы, в частности рассматривался гомановский переход КА с орбиты Земли на орбиту Марса. Был произведен расчет потребной характеристической скорости РКН, расчет потребной характеристической скорости для вывода КА на траекторию полета к Марсу, определена скорость перехода на круговую орбиту Марса. Также были проанализированы условия окружающей среды космического полета, учтены особенности орбиты Марса.

Список используемых источников:

1. «Термояд и космос» В.А. Жильцов, В.М. Кулыгин, НИЦ «Журчатовский институт», Москва, Россия.
2. Леонард Дэвид (2004). «CubeSats: крошечный космический корабль, огромные выгоды».
3. Степанов А.В. «Управление орбитальной группировкой наноспутников».

**«Астерион», проект буровой установки с зондом для поиска жизни  
в подледном океане спутника Юпитера Европы**

Маложонок Я.Р., Абрамова Ю.О.

Научный руководитель — к.т.н. Моржухина А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время исследователи всего мира обращают пристальное внимание на тела Солнечной системы, на которых была обнаружена вода. Луны с жидкой водой (содержащей разнообразные химические вещества), с геотермальной активностью вызывают особый интерес, так как эти факторы являются достаточными условиями для существования по крайней мере хемоавтотрофных организмов. Несомненно это даст ответ на вопрос о происхождении жизни и на нашей планете.

В данной работе представлен автоматический бур способный проникнуть под лед и способный доставить необходимое исследовательское оборудование в жидкий океан Европы.

Авторами был сформирован первоначальный перечень проектных параметров и на его основе представлен вариант изделия, соответствующий поставленным требованиям и решающий весь спектр установленных перед ним задач. Для уточнения этих параметров были проведены расчеты на прочность всей конструкции, проведено несколько консультаций с отечественными производителями материалов необходимых для корпуса буровой установки. Помимо этого была подобрана научная аппаратура (в частности анализатор жидкой воды и радиоизотопный термоэлектрический генератор).

В качестве места посадки буровой установки авторами предлагается один из ударных кратеров Европы, либо же разлом или трещина в её ледяной коре. Последние исследования, фотографии аппаратов «Вояджер» и «Юнона» позволяют предположить, что толщина ледяного щита составляет около 3-10 км.

Полученная в ходе работы буровая установка представляет из себя червеобразный цилиндр, соединенный оптоволоконным кабелем с источником питания на поверхности спутника. В отличие от проекта NASA «Еуропа Сипрег», использующий лазерный нагрев для проплавления пути через лед для криобота, проект «Астерион» использует механический способ бурения (лопастями или лезвиями с алмазным покрытием) с удалением образующегося снега через постоянно сжимающееся и расширяющееся продольное отверстие, проходящее через весь корпус. На противоположном конце буровой установки расположен зонд с основным научным оборудованием.

Как только бур достигнет жидкого подледного океана, вода поднимется вверх по вырезанному колодцу. Несомненно в этот момент должны сработать автоматические датчики и включить удерживающие стенки «Астериона», чтобы противостоять поднимающемуся потоку. Уже в этот момент зонду можно начинать анализ, однако ввиду опасности вмержания изделия в стенки колодца, буру стоит продолжить поступательное движение вниз до полного погружения в океан. Далее зонд по оптоволоконному кабелю начнет передавать данные наверх, к передатчику на поверхности, а уже оттуда сигнал пойдет на Землю.

Таким образом, результаты исследований докажут или опровергнут существование подледного океана, сложных органических веществ, а также впервые дадут конкретный состав воды одной из лун Юпитера.

Список используемых источников:

1. Loïc Mevel. Analyse des structures de la surface d'Europe (satellite de glace de Jupiter) : conséquences dynamiques, rhéologiques et thermiques // *Géologie appliquée* — Université de Nantes — 2003 — С. 7-14.
2. Снаряды для колонкового бурения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1791450/page:10/> (дата обращения: 27.02.23)
3. Васильев Н.И. Глубоководное бурение антарктического ледникового покрова как метод исследования палеоклимата // *Проблемы Арктики и Антарктики* — 2007 — № 76 — С. 78-88.
4. Ariel A. Calderon, Joakin C. Ugalde, Juan Cristóbal Zagal, and Néstor O. Pérez-Arancibia. Design, Fabrication and Control of a Multi-Material–Multi-Actuator Soft Robot Inspired by Burrowing Worms. // *IEEE Xplore* — 2016.

### **Использование сверхкоротких светодиодных осветителей в качестве источника света в шпирен-системах на импульсных экспериментальных установках**

Масюкевич А.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Поняев С.А.  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург

Создание новых ракетно-космических систем неразрывно связано с интенсивным предварительным исследованием опытных образцов. Несмотря на значительные успехи технологий численного моделирования, наиболее полным и достоверным является лабораторный эксперимент. В настоящее время, условия реального полета возможно реализовать только на установках импульсного действия с временем рабочего цикла 1-10 мс. Базовой диагностикой в газодинамическом эксперименте является получение шпирен картин ударно-волновой структуры течения вблизи исследуемой модели [1, 2].

В шпирен-системах для получения теневых картин газодинамического течения при быстро протекающем процессе в ударной трубе в настоящее время существует два подхода. Первым подходом является использование схемы с осветителем с длительностью импульса много больше, чем исследуемый процесс и использование высокоскоростной камеры. Минусом такого подхода, является то, что разрешение скоростной камеры достаточно мало, а применением электронно-оптических усилителей ухудшает качество изображения. В качестве осветителя, используются светодиодные, ламповые осветители или лазеры непрерывного действия. Применение лазерных осветителей достаточно оправданно, но при их применении возникает спекловая структура (полосы на теневых картинах) из-за интерференции лазерного излучения. Вторым подход заключается в том, что используется камера с меньшим усилением на матрице в ждущем режиме, но при этом, необходимо использовать осветитель с длительностью импульса освещения, меньшей, чем длительность характерного времени газодинамического процесса. Такой подход дает возможность получать более качественные теневые картины стационарных и нестационарных быстротекающих течений. Но возникают трудности в выборе достаточно яркого импульсного осветителя. В качестве такого осветителя в данной работе исследуется возможность использования мощных светодиодов с импульсной токовой накачкой [3]. Это возможно из-за малого времени свечения поскольку в светодиоде не успевает начаться термодеструкция, а электрические цепи выдерживают высокие значения силы тока.

В данной работе, использовались светодиоды Luminous CBT-120. Была разработана и изготовлена система питания, которая позволят создавать импульсы напряжения на конденсаторах с низким сопротивлением от 1 В до 15 В. Получены вольт-амперные характеристики на контактах светодиода при различной длительности синхросигнала (0,5-2 мкс). Созданная система освещения была интегрирована со стандартным теневым прибором ИАБ-451. Оптическая схема совмещения светодиода и шпирен-системы опробована как с промежуточной фокусирующей линзой, так и без нее.

В результате проведенного исследования показано, что на выбранных светодиодах с использованием импульсного питания, можно подавать токи до 250 А при длительности импульса 1 мкс, что не приводит к деградации и разрушению светодиода. Измерения показывают, что световой сигнал со светодиода хорошо повторяет токовый сигнал питания, то есть можно создать сигнал с резким фронтом нарастания и далее постоянным значением светимости. Проведена спектроскопическая съемка (сняты спектры, которые показывают изменения длины волны излучения светодиода от силы тока). Разработанная система использована при исследовании обтекания тел спутным потоком газа за ударной волной в ударной трубе при числах Маха падающей ударной волны  $M=2,4$  и давлении перед ударной волной 50 торр.

Список используемых источников:

1. Experimental Methods of Shock Wave Research // Shock Wave Science and Technology Reference Library 9, Ed. Igra, O., Seiler, F., Springer, Berlin, 2016, pp. 478.
2. Ударные трубы. Сборник статей по ред. Х.А. Рахматуллина и С.С. Семенова, Изд-во иностранной литературы, 1962, 700 с.
3. Wilson, S., Gustafson, G., Lincoln, D. et al. Performance evaluation of an overdriven LED for high-speed schlieren imaging // Journal of Visualization 18, 35–45 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12650-014-0220-7>

## **Исследование средств доставки полезных грузов по лунной программе**

Мишин Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шаповалов Р.В.

МАИ, Москва

Актуальность рассматриваемой темы основана на активном возобновлении работ по лунным программам космических держав. Основной целью большинства программ является развезывание обитаемой либо посещаемой базы и для реализации всех планов требуется транспортная платформа, которая будет эффективно справляться с задачами транспортировки полезных грузов.

Доставка полезных грузов и экипажей на орбиту Луны реализовывалась вчера и реализуется сегодня следующими вариантами — лунные пилотируемые корабли (ЛПК) и одноразовые разгонные блоки (РБ) на базе жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Среди лунных пилотируемых кораблей прошлого и настоящего, которые применялись в лунных миссиях, можно выделить два американских космических корабля — «Аполлон» и «Орион». Среди одноразовых разгонных блоков прошлого и настоящего можно выделить разгонный блок, применявшийся на советской лунной ракете и его модификации, применявшейся в лунных миссиях СССР, а также разгонный блок «Центавр», применявшейся в лунных миссиях США.

Сегодня и в будущем в рамках развития лунных программ начинают и продолжают эксплуатацию американский лунный космический корабль и перспективный отечественный разгонный блок. В будущем к ним присоединятся лунный вариант российского перспективного пилотируемого транспортного корабля нового поколения, межпланетный буксир на электроракетной двигательной установке (ЭРДУ) и дальнейшие пилотируемые корабли лунной программы «Артемиды».

В рамках работы по разработке проекта лунной транспортной системы стоит рассмотреть и сравнить будущий вариант лунной транспортной платформы (ЛТП) с перспективным РБ и межпланетным буксиром нового поколения, как наиболее подходящие. Перспективный РБ в первых модификациях проектировался для доставки полезных грузов на орбиту Луны, а следовательно все успешные конструктивные особенности данного изделия стоит учитывать при разработке лунной транспортной платформы. Межпланетный буксир нового поколения на ЭРДУ имеет один крайне важный недостаток — скорость перелета и соответствующая этому длительность выполнения одного рейса. По предварительным оценкам перелет с орбиты Земли на орбиту Луны будет занимать около 200 суток. Учитывая, что буксиру необходим еще перелет обратно, то в сумме с учетом всех

подготовительных мероприятий, а также ряда мероприятий по его «разгрузке» на орбите Луны, полное время выполнения одного рейса будет ~ 2 года. Для оптимальных темпов реализации лунной программы и ее дальнейшего развития, технологии, применяемые на данном буксире, не подходят для их проработки в рамках разрабатываемого проекта.

Главная идея, на основе которой проводится разработка — это предложение MVP (minimum viable product) модели лунной транспортной платформы, реализация которой будет возможна в современных условиях с минимально возможными технологическими, экономическими и временными вложениями. При этом важно придерживаться стратегии реализации проекта с учетом создания задела на будущее для дальнейшего развития технологичности системы даже на этапе активной эксплуатации.

Таким образом, в качестве основы для разработки многоразовой лунной транспортной платформы в большей степени применяются наработки отечественного перспективного разгонного блока, а также его компонентов, возможных для адаптации посредством модернизации (например, решение вопроса ограниченности количества запусков двигательной установки), проводится поиск и внедрение актуальных достижений науки и техники, которые ускорят разработку MVP модели и упростят конечный вариант системы, а также учитываются темпы и векторы развития отечественной и мировой космонавтики, для предложения в дальнейшем максимально эффективного и максимально адаптированного под современные условия проекта транспортной системы для развития лунных программ человечества.

Список используемых источников:

1. Луна — шаг к технологиям освоения Солнечной системы. Под научной редакцией Легостаева В.П. и Лопоты В.А. — М.: РКК «Энергия», 2011. — 584 с.
2. Об оптимальных траекториях полета к Луне в системе Земля — Луна — Солнце / Ивашкин В.В. — М.: Ин-т прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2001. — 32 с.
3. Соколов Б.А., Филин В.М., Тупицын Н.Н. Кислородно-углеводородные ЖРД для разгонных блоков, созданные в ОКБ-1 — ЦКБЭМ — НПО «Энергия» — РКК «Энергия» // «Полёт». — М.: Машиностроение-Полет, 2008. — 86 с.
4. Гудилин В.Е., Слабкий Л.И. Разгонные блоки. Ядерные энергетические установки космических аппаратов. Ядерные ракетные двигатели. // Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы). — М., 2001. — 326 с.

## **Расчет первоначальных параметров космического аппарата для дистанционного зондирования лунной поверхности**

Момот Е.Ю., Баранов О.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гусев Е.В.

МАИ, Москва

Рассматривая перспективу использования луны как объект хозяйственной деятельности: построение лунных аванпостов, установка телескопов и научной аппаратуры, применение гелия в синтезе для создания будущей энергетики. Наиболее перспективный метод исследования, картографирования, геодезических наблюдений поверхности и реголитного слоя Луны — дистанционное зондирование.

Актуальность работы заключается в том, что для дальнейших лунных миссий требуется поэтапная подготовка, а именно карты поверхности районов посадки и исследование местности на внутренние залежи полезных минералов и химических веществ. Помимо картографирования требуется карта колебания гравитации, чтобы не допустить прошлых ошибок запуска космических аппаратов.

К перспективным решениям задач относятся:

1. Энергоэффективные траектории перелета к Луне (обходного типа);
2. Навигационное обеспечение и работа спутника как ретранслятора;
3. Радиолокационное зондирование лунной поверхности, картографирование.

В работе приведем некоторые параметра для отработки указанных задач.

Доставка на окололунную орбиту рассматривается несколькими основными вариантами:

1. Попутной полезной нагрузкой на геостационарную орбиту;
2. Попутной полезной нагрузкой на лунопереходную орбиту;
3. Попутно с окололунным спутником;
4. Попутной полезной нагрузкой с выходом на энергоэффективную траекторию.

Космический аппарат не должен влиять на основную миссию, если используется схема доставки как попутная полезная нагрузка, а именно:

- Полное отсутствие воздействия на основную полезную нагрузку;
- Соответствие по требованиям и контролю интерфейсам, которые предоставляет разработчик РКК / основной ПН.

Масса спутника не превысит 100 кг, двигательная установка представляет собой маршевые двигатели (при полете с лунопереходной орбиты маршевая установка должна за короткий промежуток времени погасить примерно 800 м/с скорости). При выборе третьего сценария полета и лететь попутно до окололунной орбиты можно использовать двигатели коррекции орбиты и ориентации.

При поставленной задаче — высокое разрешение фотографии (10-20 см) требуется орбита по высоте не превышающая 10-20 км, при таких условиях спутники работают не более нескольких дней. Предполагается запустить спутник на эллиптическую орбиту, где периселений будет на высоте 20 км.

Передача данных будет осуществляться с помощью радиокomплекса в X-диапазоне. Вектор состояния КА предполагается измерять с помощью наземных средств и аппаратуры спутниковой навигации по сигналам ГНСС. Рассматривается вариант использования систем дальней космической связи.

Список используемых источников:

1. Зарубин Д.С., Севастьянов Н.Н., Микрин Е.А., Беглов Р.И., Макушенко Ю.Н., облик сегмента окололунной платформы для поддержки обеспечения экспедиций на поверхность Луны.
2. Муртазин Р.Ф., Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Транспортная космическая система «Рывок-2» для доставки экипажа на лунную базу. 08.2020
3. Михайлов М.В., Зарубин Д.С., Заговорчев В.А. Перспективы применения околоземной ГНСС в качестве инфраструктуры для навигационного обеспечения лунных миссий. Инженерный журнал: наука и инновации, 2021, вып.10
4. Ивашкин В. В., Об оптимальных траекториях полёта КА к Луне в системе Земля-Луна-Солнце.

### **Учет фактора воздействия ионизирующего излучения космического пространства при задании требований к космическим аппаратам многоспутниковых орбитальных группировок**

Моргачев Е.О.

АО «ЦНИИмаш», Москва

Одним из главных стратегических приоритетов космической отрасли России на ближайшие годы руководством Госкорпорации «Роскосмос» определено развитие отечественной орбитальной группировки, при этом поставлена задача перехода к конвейерному производству космических аппаратов (КА) для развертывания многоспутниковой многофункциональной орбитальной группировки [1].

Такой переход потребует новых подходов к заданию требований на КА в составе многоспутниковой группировки, в том числе и в части обеспечения стойкости к воздействию ионизирующих излучений космического пространства (ИИ КП) естественной природы. Данный фактор является основополагающим при проектировании бортовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА) КА, поскольку именно он является причиной более 50% функциональных отказов и сбоев [2].

Существующие отечественные нормативные документы, в первую очередь ОСТ 134-1044-2007 Изм. 1, ОСТ 134-1034-2012 и РД 134-0139-2005, задают количественные требования по стойкости к воздействию ИИ КП в точках траектории полета КА и порядок подтверждения выполнения требований по радиационной стойкости БРЭА КА в соответствии с подходом «наихудшего случая», т.е. для наиболее радикальных условий эксплуатации. Данный подход, несмотря на порой завышенные расчетные значения радиационных нагрузок, в целом гарантирует функционирование КА в течение заявленного срока активного существования.

Однако в случае многоспутниковой группировки, во-первых, непосредственно увеличивается количество КА, к которым предъявляются требования по обеспечению стойкости к воздействию ИИ КП, а во-вторых, КА в составе группировки могут располагаться на разных орбитах, что неизбежно приведет и к изменению радиационных нагрузок.

В настоящей работе приводятся результаты расчета, в котором показаны количественные оценки поглощенных доз на различных орбитах спутниковых группировок [3–4]. Даны предложения по порядку задания требований к космическим аппаратам многоспутниковых орбитальных группировок в части обеспечения стойкости к воздействию ИИ КП.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке технических заданий на космические аппараты многоспутниковых орбитальных группировок, а также при подготовке новых редакций отраслевой нормативной документации.

Список используемых источников:

1. Ю. Борисов о приоритетах отрасли, международном сотрудничестве и поддержке молодых специалистов. — URL: <https://www.roscosmos.ru/38730/> (дата обращения 31.01.2023).
2. Koons H.C., Mazur J.E., Selesnick R.S. et al. The impact of the space environment on space systems. // Aerospace technical report TR-99 (1670)-1. — 1999. — 202 с.
3. О спутниках «Гонец-М» и «Скиф-Д». — URL: <https://www.roscosmos.ru/38390/> (дата обращения 31.01.2023).
4. Локшин Б.А. «Экспресс-РВ» — перспективная система связи со спутниками на высокоэллиптических орбитах // Технологии и средства связи. — 2018. — № S1. — С. 62–71.

## **Модернизация заводской испытательной аппаратуры для проведения проверки цифровых усилителей термодатчиков**

Нагаева Е.А., Семашкин Н.М.

Научный руководитель — Коробовский А.В.

МАИ, Москва

Испытания как основная форма контроля качества изготовленной продукции представляет собой экспериментальное определение количественных и качественных показателей изделия при воздействии на него различных факторов в процессе функционирования. Проведение испытаний является трудоемкой задачей и требует постоянной оптимизации этой процедуры. В связи с этим совершенствование существующих методов и средств испытаний является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является предложение по частичной автоматизации процесса проведения испытаний двухканальных цифровых усилителей термодатчиков (УТДЦ), предназначенных для обеспечения заданного температурного режима в приборе на основе волоконно-оптического гироскопа.

Основной задачей разработки является усовершенствование заводской испытательной аппаратуры (ЗИА), предназначенной для проверки УТДЦ, что позволит ускорить процесс проведения испытаний, упростить работу оператора и снизить влияние человеческого фактора на результаты испытаний.

ЗИА проверки УТДЦ (ЗИА-УТДЦ) предназначена для проведения регулировочных, предъявительских и приемо-сдаточных испытаний УТДЦ.

ЗИА-УТДЦ обеспечивает проведение испытаний УТДЦ на функционирование, проверку основных параметров в нормальных условиях, при пониженных и повышенных температурах, возможность термоциклирования, проведение испытаний на вибропрочность, проверку сопротивления изоляции УТДЦ.

В состав ЗИА-УТДЦ входят источник питания GPS-2303, вольтметр В7-78, магазин сопротивлений Р-33, персональный компьютер (ПК), осциллограф TPS 2012 Tektronix, приспособление технологическое ПТ и комплект соединительных кабелей.

Исходная схема проверки функционирования и основных параметров УТДЦ представляет собой следующую схему подключения: на приспособление технологическое ПТ устанавливается УТДЦ; с помощью соединительных кабелей к ПТ подключаются магазины сопротивлений Р-33, вольтметр В7-78, персональный компьютер (ПК), осциллограф TPS 2012 Tektronix и источник питания GPS-2303.

Принцип работы ЗИА УТДЦ следующий. Ток потребления УТДЦ от источника питания определяют косвенным методом при помощи вольтметра. На магазинах сопротивлений устанавливают требуемые значения имитируемых сопротивлений. УТДЦ преобразует полученные значения в 12-разрядный двоичный код. Данный код преобразуется с помощью микроконтроллера, входящего в состав ПТ, в последовательность импульсов. Форма выходного сигнала в виде импульсов отображается на экране осциллографа, а значения сигнала получают на ПК в виде двоичного кода.

Автоматизировать процесс проведения испытаний предлагается посредством введения дополнительного программного обеспечения (ПО) для ПК, а также подключением к нему вольтметра В7-78. Данное ПО должно обеспечить преобразование значений выходного сигнала УТДЦ в десятичный код, обработку показаний, полученных с вольтметра, автоматическую фиксацию и оценку результатов проводимых испытаний, а также выведение дальнейших инструкций по проведению испытаний для оператора.

Таким образом, после получения на ПК показаний вольтметра и значений выходного сигнала УТДЦ, над ними проводятся необходимые преобразования, результаты измерений фиксируются в протокол испытаний, сравниваются с заданными параметрами и оператору выдается команда на остановку или продолжение последующих испытаний. По окончании испытаний формируется заключение о результатах всех проведенных проверок.

Автоматизация процесса проведения испытаний может существенно сократить время и материальные расходы, необходимые для проверки устройств, а также упростить процесс проведения контроля. В результате появится возможность увеличить количество испытаний, проводимых за определенный промежуток времени, повысить их точность и снизить трудозатраты, что позволит заметно сократить эксплуатационные расходы.

В дальнейшем предполагается разработка системы автоматизированного переключения сопротивлений из имеющегося магазина по команде оператора с помощью ПК, что позволит дополнительно оптимизировать процесс испытаний.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 8.568-2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения: национальный стандарт РФ: дата введения 2018-08-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. — М.: Стандартинформ, 2019. — 15 с.
2. РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения: рекомендации по межгосударственной стандартизации: дата введения 2015-01-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — М.: Стандартинформ, 2014. — 60 с.
3. Липатов Г.И. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учеб. пособие / Г.И. Липатов. — Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. — 138 с.

## Стационарные плазменные двигатели как система угловой стабилизации космического аппарата

Небесихин Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В наше время электрические ракетные двигатели (ЭРД) успешно применяются практически во всех категориях космических аппаратов (КА), заменяют или дополняют химические ракетные двигатели (ХРД), включая жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) и твердопливные ракетные двигатели (ТТРД) в тех случаях применения на КА, где характеристики ХРД неприменимы, избыточны или нерациональны для решения конкретных задач космонавтики. Так, благодаря свойствам электрической энергии в качестве источника разгона рабочего тела, технологии применения реактивной тяги ЭРД позволяют сделать источники энергии, рабочего тела и сами двигатели более компактными и лёгкими, а рабочее тело инертным и безопасным по сравнению с ХРД, что даёт возможность более гибко и экономично применять реактивную тягу ЭРД на малых КА весом от нескольких сот килограмм до нескольких грамм.

Из существующих разновидностей ЭРД, можно выделить основные по применению, а именно:

1. В электронагревательных ЭРД рабочее тело приводится в движение за счёт термического расширения на горячем проводнике.

2. Электродуговые ЭРД отличаются от электронагревательных элементом нагрева рабочего тела — вместо нагревательного элемента, имеют электрическое дуговое устройство.

3. Ионные ЭРД ионизируют газовое рабочее тело за счёт его нагрева в проводящем канале. После ионизации, ионы рабочего тела разгоняются направленным электрическим полем и создают тягу.

4. Коллоидные ЭРД отличаются от ионных тем, что рабочим телом выступают мелкие частицы (пыль, конденсат и т.п.), ионизированные за счёт дробления или трения.

5. Холловские ЭРД аналогичны ионным, однако нагревательная ионизация газового рабочего тела дополняется электронной: магнитные катушки создают направленное магнитное поле, удерживающее и ускоряющее электроны в ускорительной камере.

Из всех типов ЭРД, наиболее отработаны и часто используются в двигательных установках (ДУ) КА ионные и холловские типы благодаря своим относительно высоким эксплуатационным характеристикам, таким, как удельный импульс, КПД и ресурс.

Однако, помимо основного применения как маршевых, характеристики холловских и ионных ЭРД дают возможность рационально использовать их и в качестве двигателей малой тяги для угловой ориентации и стабилизации КА. Подобное применение ЭРД впервые удалось реализовать на марсианской космической станции «Зонд-2».

Учитывая, что холловские ЭРД являются одними из основных по опыту применимости в космонавтике Российской Федерации, с целью обеспечения угловой ориентации и стабилизации КА весом от 100 до 1000 тонн, наиболее предпочтительно использовать вариацию «Стационарный плазменный двигатель» (СПД) серии «СПД-100» от опытного конструкторского бюро (ОКБ) «Факел» как наиболее технологически отработанный, экономичный и подходящий по тяге для данной задачи ЭРД.

Список используемых источников:

1 Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 60. Стационарные плазменные двигатели в России: проблемы и перспективы — URL: [https://mai.ru/upload/iblock/d8a/statsionarnye-plazmennye-dvigateli-v-rossii\\_-problemy-i-perspektivy.pdf](https://mai.ru/upload/iblock/d8a/statsionarnye-plazmennye-dvigateli-v-rossii_-problemy-i-perspektivy.pdf) (дата обращения 05.12.20).

2 Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 60. Роль и место электроракетных двигателей в Российской космической программе — URL: <https://mai.ru/upload/iblock/1c5/rol-i-mesto-elektoraketykh-dvigatelay-v-rossijskoj-kosmicheskoy-programme.pdf> (дата обращения 07.12.20).

3 Л. ПЕЦ А., СИМОНОВ А. И., ХРАБРОВ В. А., История науки. Как создавали первые ЭРД // Научно-техническая информация — «Земля и Вселенная» — 2005 — №6 — с. 57-60.

## **Влияние массы мультироторного летательного аппарата на его динамику движения в облачном слое атмосферы Венеры**

Рыжков В.В., Яценко М.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа, который образует плотный облачный слой газа, находящийся на высоте от 50 до 70 км над поверхностью планеты. Изучение облачного слоя Венеры имеет большое значение для изучения планет и механизмов, управляющих климатическими процессами.

В работе для изучения облачного слоя атмосферы Венеры предлагается использовать мультироторный летательный аппарат (МРЛА). МРЛА — это роторные, беспилотные летательные аппараты, способные летать в атмосфере планеты без участия человека. Дроны как таковые стали центральными факторами в различных отраслях, а также стали полезными инструментами для исследования атмосфер других планет. Согласно международной модели атмосферы Венеры VIRA, облачный слой атмосферы Венеры максимально схож по характеристикам с земными условиями.

Одним из наиболее важных факторов, которые влияют на динамику движения МРЛА в облачном слое атмосферы Венеры, является изменение массы устройства.

Изменение массы аппарата влияет на:

- Скорость движения аппарата,
- Горизонтальное и вертикальное направления движение аппарата.

Основные цели МРЛА на Венере:

1. Выполнить фото- и видеосъемку на планете;
2. Произвести сбор проб частиц атмосферы планеты на заданной высоте;
3. Произвести замер температуры на заданной высоте.

Особое влияние среди трех пунктов следует уделить первому. Так как на конечную массу аппарата камера оказывает наиболее значимое влияние.

В качестве прототипа для исследуемого технического средства исследования атмосферы Венеры выбран квадрокоптер китайского производства «DJI Phantom 4», относящийся к серии беспилотников фирмы «DJI Phantom». Его масса без дополнительной аппаратуры составляет 1 кг. Масса же аппарата с камерой на борту составляет уже 1,38 кг.

В работе составлена математическая модель движения МРЛА за ограниченное время работы аккумулятора аппарата, и смоделировано движение аппарата как с учетом массы полезной нагрузки (камеры), так и без нее. По итогам расчетов построены графики зависимостей:

- Скорости как функции времени,
- Высоты как функции времени,
- Дальности полета как функции времени.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Масса МРЛА играет важную роль в его движении в облачном слое атмосферы Венеры.

2. Увеличение массы аппарата может привести к изменению скорости и снижению маневренности аппарата.

3. Уменьшение же массы МРЛА может улучшить его динамику движения и увеличить продолжительность полета.

4. Изменение массы МРЛА также может повлиять на необходимую мощность двигателя, которую требуется заложить на этапе проектирования аппарата.

Список используемых источников:

1. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. К вопросу о включении в программу исследования Венеры дополнительных технических средств // Космические аппараты и технологии, 2022, Т. 6, № 1, с. 5-13. DOI: 10.26732/j.st.2022.1.01.

2. Ширвель П.И., Чигарев А.В., Конон И.И. Механико-математическое моделирование динамики полета мультикоптерного летательного аппарата. — Минск, Репозиторий БНТУ, 2016. — 12 с.

3. Model of the structure of the atmosphere of Venus from the surface to 100 km altitude /A. Seiff, J.T. Schofield, A.J. Kliore [et al.]. — Text : direct // Advances in Space Research. — 1985. — Vol. 5. — No. 11. — P. 3-58.

4. Квадрокоптер DJI Phantom 4 [Электронный курс]. — 2016 — URL: <https://dronreview.ru/quadrocopter-dji-phantom-4/#vozmozhnosti-dji-phantom-4>.

## **Универсальный стенд для проведения испытаний на воздействия воды, влаги, тепла и холода**

Семашкин Н.М., Нагаева Е.А.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

Одной из важных частей экспериментальной отработки являются комплексы наземного оборудования, одними из которых являются стенды климатических испытаний элементов, узлов, агрегатов и летательного аппарата в целом, сводится к определению устойчивости и прочности испытуемых объектов при воздействии на них различных климатических факторов. Так при эксплуатации летательных аппаратов в северных широтах возникает ряд проблем, то есть осадки, влажность и перепады температур, которые пагубно влияют на конструкцию аппарата, производя различные деформации и разрушение частей изделия. Поэтому возникает необходимость в проведении особых комплексных климатических испытаний, предусматривающие различные перепады температур с участием воды.

Климатические испытания проводятся с целью определения свойств материалов будущего изделия (влагонасыщения, коррозии, наледи, адгезионной прочности и т.д.) и для определения функциональных особенностей эксплуатации в тяжелых условиях воздействия климатических факторов. Для воспроизведение одного из перечисленных климатических факторов или их комбинаций необходимы специальные климатические камеры. Например, камера тепла и холода, камеры с увлажнением воздуха, камера дождя различного оборудования и исполнения, термобарокамера.

Для испытаний на воздействие повышенной влажности необходимо применять камеры с одновременным воздействием как влажности, так и повышенной температуры (термовлагокамеры), при этом в таких камерах требуется обеспечение постоянного и циклического режимов, а также соответствующая регулировка значений их основных параметров.

Для испытаний на воздействие воды и влаги используется специальная камера дождя с резервуаром для воды, расположенным в верхней части климатического стенда, площадь основания которого должна быть примерно в полтора-два раза больше площади испытуемого изделия или материала. В дне резервуара (потолок испытательного пространства камеры) расположены специальные сопла, обеспечивающие образование потока капель со средним размером от 3 до 5 мм. В камере с душевыми головками (он же душ-разбрызгиватель) головки расположены так, чтобы расстояние до углов или сторон испытуемого изделия было равно от 500 до 750 мм.

Как было отмечено ранее, существует множество стендов для проведения климатических испытаний. Проводя цикл представленных испытаний, понадобится большое количество времени, площади помещений, денег и ресурсов. Чтобы сократить эти недостатки до минимума, необходим универсальный стенд, на котором можно будет испытывать одновременно несколько характеристик влаги, тепла и дождя, максимально имитируя реальные условия эксплуатации изделия. Проектируемая камера с расположением сразу несколькими испытуемыми характеристиками (вода, тепло и холод) позволят проводить стандартные или комплексные испытания. Насыщение влагой испытуемого изделия с дальнейшим его захлаживанием и с последующим отогревом позволят

сымитировать разрушение изделия под воздействием влаги и перепада температур с нормальных до отрицательных, а после до повышенной.

Таким образом, были рассмотрены основные виды климатических испытаний и предложена комплексная экспериментальная отработка на влагу и перепады температур с целью создания универсального климатического стенда, который будет предложен на основе уже существующих в 3D исполнении модели и принципиальной схемы.

Список используемых источников:

1. Агульник А.Б. Испытания элементов конструкции двигателей летательных аппаратов на термические, климатические и акустические нагрузки: учеб. пособие / А.Б. Агульник [и др.] М.: Изд-во МАИ, 2016. — 96 с.

2. Александровская Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учеб. пособие / Л.Н. Александровская [и др.] — М.: Логос, 2003. — 736 с.

3. Афанасьев В.А. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов / В.А. Афанасьев [и др.]; под редакцией Н.В. Холодкова. Н.П. — М.: Изд-во МАИ, 1994. — 412 с.

4. Галеев А.В. Экспериментальные установки и стенды для испытаний агрегатов и систем объектов ракетно-космической техники: учеб. пособие / А.В. Галеев, А.Г. Галеев, В.В. Родченко — М.: Изд-во МАИ, 2019. — 102 с.

## **Исследование проблематики создания головных обтекателей больших габаритов ракет космического назначения**

Семериков К.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шаповалов Р.В.

МАИ, Москва

Параллельно с ростом технического прогресса и поставленными научными задачами, возрастают габариты и масса космических аппаратов. Космические аппараты больших размеров являются более целевыми средствами, их размеры и масса подстраиваются под возможности выведения ракеты космического назначения. В то время как габариты головного обтекателя (ГО) являются постоянными и неизменными для той или иной полезной нагрузки. Увеличение габаритов ГО с первого взгляда может показаться простой задачей, однако это не так. Актуальность данной работы заключается в исследовании проблематики задела создания и эксплуатации ГО больших габаритов ракет космического назначения.

Одним из главных ограничений и проблемных вопросов причин создания больших ГО являются габаритные ограничения в грузоперевозках, определенных в ГОСТ 9238-2013 «Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений» [1, 2]. Для преодоления выявленной преграды были рассмотрены четыре альтернативы различного масштаба:

- 1) производство ГО непосредственно вблизи космодрома;
- 2) создание специальных ЖД путей для транспортирования изделий;
- 3) смена основного средства транспортирования;
- 4) изменение конструкции ГО.

Предлагается, как вариант решения проблем транспортирования, техническое решение заключающееся в применении ГО в виде сборки створок, состоящих из двух частей (дополнительное технологическое деление по продольному стыку каждой створки) они могут крепиться между собой шпангоутами и болтами с внутренней стороны обтекателя. Такое решение позволит сохранить существующую отработанную систему производства и транспортирования ГО на космодром без сторонних разработок. Однако, такое решение приведёт к потерям по полезной массе так как увеличится масса самого ГО. Будут необходимы работы по внутренней переконфигурации, датчиков, теплоизоляции и т.п.

Недостатком также будет являться окончательная сборка на космодроме, а не на заводе-изготовителе, так как ГО будет транспортироваться 4-мя частями в расстыкованном виде.

Существует также проблема отсутствия в России систем разделения, основанных на пирострелках. Система продольного деления выполнена с использованием стандартной для всех российских обтекателей конструкции с использованием механических замков. Системы разделения зарубежных производителей в отличие от отечественных, преимущественно основаны на пиротехнических средствах, с использованием разрывных болтов и механизмов на основании малоимпульсных детонирующих шнуров и удлиненного кумулятивного заряда. Несмотря на высокую надежность, отечественные системы разделения имеют относительно большую массу и необходимость обеспечения точной настройки системы тяг [3]. Поэтому при разработке отечественных пиротехнических систем разделения, необходимо учитывать все особенности систем разделения, что позволит снизить общую массу ГО в пользу увеличения полезной нагрузки.

Список используемых источников:

1. Блинов В.Н. Технологические схемы подготовки ракет-носителей к пуску: учебное пособие — Омск: ОмГТУ, 2017. — 488 с.
2. ГОСТ 9238-2013 Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений. — М.: Стандартинформ, 2014. — 178 с.
3. Кондратьев А.В., Чумак А.А., Стэнилэ К.Д. Сравнение систем крепления и отделения современных комозитных головных обтекателей ракет-носителей // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов — 2012. — №4 (72). — С. 165-177.

## **Выбор проектных параметров беспилотного летательного аппарата по критерию дальности полета методом глобального поиска экстремума**

Симонов К.И., Баранова М.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Балык В.М.  
МАИ, Москва

Целью настоящей работы является разработка метода поиска оптимальных проектных параметров беспилотного летательного аппарата (БЛА). Под термином «БЛА» в рамках исследования понимается летательный аппарат авиационного базирования, выполненный по нормальной аэродинамической схеме с силовой установкой, состоящей из маршевого сверхзвукового прямоточного ракетного двигателя с интегрированным стартовым ракетным двигателем твердого топлива. Основной задачей на этапе проектирования внешнего облика аппарата является задача выбора оптимальных тактико-технических характеристик.

Математическая модель БЛА представляет собой сложную многоэкстремальную функцию многих переменных: в её основе лежат траекторная и аэродинамическая модель, модель двигательной установки, а также логика работы бортовых систем. Такая особенность математической модели БЛА не позволяет применить современные пакеты прикладных программ для построения оптимального проектного облика БЛА на этапе создания изделия. Чтобы обойти это ограничение, авторами предложен метод оптимизации проектных параметров, относящийся к группе методов поиска глобального экстремума. Особенность метода заключается в том, что он не требует знания производных функции критерия по варьируемым параметрам, а также знания константы Липшица критериальной функции. Тестирование метода показало его работоспособность в задачах до 5000 переменных.

Рассматриваемый метод основан на применении аппроксимации обратных функций. Для построения такой аппроксимации варьируемые параметры задачи представляются в виде тригонометрических полиномов. Коэффициенты Фурье и частота в полиномах выбираются из условия достижения глобального минимума оптимизируемой функции.

Апробация предложенного метода проводилась в ходе решения задачи проектирования БЛА и определения его оптимальных тактико-технических характеристик. В ходе решения задачи сначала была получена заданная при проектировании дальность полета, а затем

проведена её оптимизация путем поиска глобального экстремума функции дальности полета. В данной задаче дальность полета была выбрана авторами в качестве целевой оптимизируемой функции, а длина корпуса БЛА и размаха его крыла — изменяемыми аргументами. Оптимальный выбор данных параметров позволил увеличить дальность полета с 300 км до 315 км.

Список используемых источников:

1. Бальк В.М. Статистический синтез проектных решений при разработке сложных систем. — М.: Изд-во МАИ, 2011.
2. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1973.

### **Первичная лунная база**

Степанов П.И., Шумилин А.И., Языков М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Заговорчев В.А.

МАИ, Москва

Лунная база является одним из вариантов дальнейшего развития космонавтики. Эксперименты, опыты и исследования, которые можно провести на её поверхности в условиях низкой гравитации, будут способствовать дальнейшему развитию космической техники и медицины, что должно послужить заделом для дальнейшего освоения человеком более отдалённого космического пространства. Освоение Луны в промышленном плане тоже может представлять особый интерес. По последним полученным данным с научных космических аппаратов известно, что поверхностный слой естественного спутника богат залежами перспективного термоядерного топлива «Гелий-3». Также лунный реголит богат химическими соединениями на основе металлов. Принципиальным отличием нового этапа освоения Луны от экспедиций программы «Аполлон» станет возможность длительного присутствия на лунной базе космонавтов. Для этого техника, которую предстоит создать для новой лунной программы, должна исключить негативные последствия, связанные с длительным пребыванием на Луне человека, а также позволить сократить излишние финансовые и временные затраты. Этого можно добиться, постепенно наращивая необходимую инфраструктуру с использованием новых технологий в окололунном пространстве и на поверхности Луны.

Облик лунной базы во многом определяется условиями на поверхности Луны, задачами жизнеобеспечения экипажа и уровнем техники и технологий.

База, созданная с использованием модульного принципа при размещении объектов её инфраструктуры, созданных, в свою очередь, при помощи новейших технологий, позволит создать на Луне условия для длительного проживания и комфортной работы экипажа на объектах лунной базы и снизить финансовые затраты на новую лунную программу. А использование при строительстве специальной луноходной техники позволит разместить доставленные лунным посадочным устройством модули на определённой площади и подготовить антирадиационное укрытие из реголита за короткий промежуток времени. Такая база способна к дальнейшей модернизации и наращиванию жилого объёма и мощностей.

Лунная база, которая может быть реализована в ближайшем будущем, может быть только посещаемой, так как экономически нецелесообразным является создание постоянной транспортной космической системы для обеспечения экипажа лунной базы жизненно-необходимыми ресурсами.

Такая первичная база перейдёт к постоянной базе-поселению только в том случае, когда на практике будут получены первые успешные результаты по добыче воды (с последующим выделением основных компонентов из неё), а также по производству строительных материалов из лунных ресурсов и конструкций из них.

Опыт, полученный при строительстве лунной базы, окажется в любом случае колоссальным, потому что, приспособившись к жизни на необитаемом небесном теле, люди

будут способны впоследствии проникнуть в более далёкое космическое пространство, то есть человеческая цивилизация сможет выйти на более высокий уровень своего развития.

Список используемых источников:

1. Луна — шаг к технологиям освоения Солнечной системы. / Под научной редакцией В.П. Легостаева и В.А. Лопоты. — М.:РКК «Энергия», 2011. — 584с.
2. Хамиц И. И., Филипов И.М., Бурлыков Л.С. и др. Космическая техника и технологии, №2(13),2016. С 23-33.
3. Новиков Л.С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов. — М.: Университетская книга,2010. — 192 с.

### **Разработка 3D-принтера для строительства защитного купола колонизационных модулей на основе марсианского реголита**

Туманова Т.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Для космической миссии по колонизации Марса основной задачей является обеспечение жизнедеятельности космонавтов в условиях длительного пребывания на поверхности, а также их защита от воздействия внешних факторов (ВВФ) окружающей среды: большой перепад температур от  $-125^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ , состав атмосферы преимущественно из углекислого газа, наличие сложных климатических и погодных условий (скорость ветра до  $113\text{ км/ч}$ ), повышенный радиоактивный фон. Кроме ВВФ миссии по строительству марсианских колоний осложняются небольшим грузопотоком ввиду ограничений уровня развития современной ракетно-космической техники. Данные условия формируют проблему организации безопасного жилища для первых космонавтов, которое сможет обезопасить людей от воздействия ВВФ на Марсе.

В качестве одного из путей решения данной проблемы является разработка 3D-принтера для строительства защитного купола колонизационных модулей на основе марсианского реголита. На основании данных автоматических беспилотных аппаратов известно, что марсианский грунт богат железом, кремнеземом и другими элементами и существует на Марсе в виде песка и пыли, что подходит для аддитивного производства. Реголит Марса может использоваться для защиты как от температурных перепадов и сильных пылевых ветров, так и для защиты обитаемых модулей от радиации. Для строительства защитных конструкций из грунта предлагается использовать метод плавленого осаждения материала [3], который послойно выстраивается в виде определенной конструкции.

Для создания материала под 3D-печать конструкций в условиях Марса необходимо измельчить и термически обработать горные породы, в которых преобладают плагиоклазы и пироксены с примесями оливина [2], и создать таким образом реголитный цемент. При смешении цемента, песка, реголитного щебня и воды в соотношении 1:8:12:3 образуется аналог бетона из исключительно марсианских ресурсов и пород. Вода на Марсе может быть синтезирована из атмосферы и привезенного с одним из модулей марсианской станции запасом водорода по реакции Сабатье, в результате которой получаются  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Для получения сложных конструкций методом плавленого осаждения специально подготовленного материала в условиях Марса спроектирован автоматический аппарат, который представляет из себя строительный 3D-принтер, установленный на гусеничной платформе.

Преимуществом данной конструкции является то, что для самого печатающего устройства не понадобится рабочий стол, так как строительство оболочки начнется непосредственно с основания колонизационной базы, то есть на подготовленной (отчищенной от крупных камней и пыли) грунтовой площадке по окружности. Также для принтера не нужна отдельная рама для закрепления, так как ей фактически будет являться манипуляторная рука. Для подачи смеси в рабочее сопло используется шнековый экструдер. Данный аппарат автоматически подготавливает смесь для печати за счет наличия трех

функциональных зон. Первичная бетонная смесь поступает в бункер героторного насоса. И посредством углового движения шнека, материал перемещается по технологическим шнековым зонам. В первой зоне идет первичное продвижение материала из бункера к последующим зонам. Во второй технологической зоне происходит дополнительное дробление частиц материала. В этой зоне также находятся нагреватели, с помощью которых масса становится пластифицированной и однородной, а также готовой в формовке. Третья зона оснащена каналами охлаждения. Они необходимы для создания условий к сортаментной экструзии уже густой однородной массой, способной принять заданную форму сопла и начать застывать без форменных изменений.

Главная рабочая часть выполнена в виде многозвенной манипуляторной руки с экзтрудером в конечном звене. Для задач строительства возможно удлинение или укорачивание звеньев с целью выполнения конкретной поставленной задачи. Звенья двигаются за счет планетарных редукторов, установленных в узлах. Данное решение обуславливается риском застывания жидкостей при использовании гидроцилиндров, которые распространено применяются в крановых аппаратах. Также в аппарате предусмотрена фиксация положения принтера за счет четырех аутригеров для исключения заваливания при выдвигании звеньев и перемещения центра масс.

В работе представлены результаты сравнения аппарата с существующими аналогами промышленных 3D-принтеров, определены основные проектные параметры разрабатываемого изделия, описан алгоритм получения материала для печати, описан алгоритм процесса экструзии материала. Также разработана трехмерная внешняя компоновка аппарата и выбраны основные обеспечивающие системы.

Разработанный аппарат позволит создать на Марсе защитную конструкцию в виде купола высотой 2,80 м, шириной 7,6 м, толщиной стенки 15 см из марсианского реголита за 4,36 суток при расходе бетонной смеси 0,00262 м<sup>3</sup>/мин [1].

Список используемых источников:

1. Тимошенко Д.О., Турьшева Е.С. Комплексная автоматизация и механизация строительного 3D-принтера // Молодой ученый. — 2018. — №23. — С. 238-241.
2. Демидов Н.Э., Базилевский А.Т., Кузьмин Р.О. Грунт Марса: разновидности, структура, состав, физические свойства, буримость и опасности для посадочных аппаратов // *Астрономический вестник*. — 2015. — №4. — С. 243-261.
3. Трошин А.А., Захаров О.В. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров // *Современные материалы, техника и технологии*. — 2020. — №1(28). — С. 61-64.

## **Исследование по повышению эффективности систем водоподачи на пусковых установках**

Федина А.С.

Научный руководитель — Бут А.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время в области ракетно-космической техники существует ряд актуальных задач, требующих новых подходов и усовершенствования существующих. Одной из приоритетных задач является снижение колоссальных нагрузок, действующих на ракету-носитель и на пусковую установку при старте.

Для исключения аварийных ситуаций и повышения долговечности пусковых установок применяют систему подачи воды для охлаждения струй двигательной установки ракеты космического назначения. Используемая в настоящее время система водяного охлаждения недостаточно эффективна и нуждается в оптимизации по ряду параметров.

В данной работе проведен обзор систем водоподачи и их систематизация. В ходе проведения анализа описанной информации даны направления повышения эффективности систем водяного охлаждения.

По результатам исследования способов снижения газодинамических воздействий при старте было получено, что существует принципиальная возможность обеспечения

допустимого уровня нагрузок средствами стартового комплекса при помощи систем подачи воды в струи двигательной установки и создания водяной завесы вокруг них. Достоверность результатов, полученных в работе, подтверждена многочисленными экспериментальными исследованиями на лабораторных и стендовых установках различных масштабов.

Возможные пути и перспективы продолжения работы заключаются в применении разработанных в работе теоретических и практических методов в составлении программ и постановке экспериментальных исследований при разработке систем защиты стартового оборудования от силового высокотемпературного воздействия газовых струй на новых стартовых комплексах для перспективных типов ракет космического назначения.

Список используемых источников:

1. Абдурашидов Т.О., Бут А.Б., Советников Я.Н., Сафронов А.В. Системы подачи воды для снижения акустических и газодинамических нагрузок при старте РКН. Часть 1. Системы подачи воды на стартовых комплексах. // Космонавтика и ракетостроение. — 2019. — №6. — С. 90-100.
2. Абдурашидов Т.О., Бут А.Б., Советников Я.Н., Сафронов А.В. Системы подачи воды для снижения акустических и газодинамических нагрузок при старте РКН. Часть 2. Экспериментальные исследования систем подачи воды. // Космонавтика и ракетостроение. — 2020. — №1. — С. 47-58.
3. Бирюков Г.П., Бут А.Б., Хотулев В.А. и др. Газодинамика стартовых комплексов. — М.: Рестарт, 2012. — 364 с.

### **Разработка кабины посадки экипажа космонавтов**

Хабарова С.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

Для пилотируемых пусков важной частью подготовки экипажа является очистка и санобработка, так как при попадании микроорганизмов на космическую станцию их размножение может привести к серьезным поломкам техники. Также на станцию могут проникнуть микробы, вызывающие инфекционные заболевания, а в космосе любые болезни переносятся тяжелее, чем на Земле. По данной причине необходимо максимально исключить возможность попадания вирусов, микробов и других микроорганизмов в космос, для этого и рассматривается данная тема.

На данном этапе ни на одном из космодромов специализированных помещений для обеспечения посадки экипажа нет. Это вызывает ряд трудностей, таких как санобработка, неудобство в работе обслуживающего персонала с космонавтами и отсутствие места для работы космонавтов, что ведет к моральным и физическим перегрузкам перед полетом.

В данной работе разработана возможная вариация компоновки кабины чистоты, по сформированным к ней требованиям. Сама идея разработки заключается в ее универсальности и возможности применения на различных площадках. Добиться универсальности можно с помощью модульности этой кабины, т.е. вся кабина разбита на равные модули, что уже снижает трудоемкость при монтаже. В случае изменения геометрии и габаритов люка пилотируемого транспортного корабля заменяется один модуль на другой. Изменяя положение этого люка, модули меняются местами. При изменении компоновки и габаритов самой кабины чистоты меняются лишь их расположение и количество. Также для данной кабины проведен расчет расстановки датчиков контроля воздушной среды в системах пожаровзрывопреупреждения стартового комплекса и предложена сама схема расстановки.

Возможные пути и перспективы продолжения работы заключаются в проведении расчетов по расстановке датчиков пыли, освещения, рассмотрению и предложению вариантов по средствам пожаровзрывозащиты и оценке стоимостных затрат на разработку данной кабины.

Список используемых источников:

1. Бирюков Г.П., Манаенков Е.Н., Левин Б.К. Технологическое оборудование отечественных ракетно-космических комплексов. / под ред. А.С. Фадеева, А.В. Торпачева. — М.: Рестарт, 2012 — 600 с.
2. Бирюков Г.П., Смирнов В.И., Торпачев А.В. Разработка систем обеспечения безопасности функционирования ракетно-космических комплексов. — М.: Машиностроение, 2002 — 232 с.
3. Смирнов В.И. Методология обеспечения безопасности стартовых комплексов при их проектировании. — М.: Изд-во МАИ, 2003. — 140 с.

### **Сверхлёгкая метеорологическая ракета вертикального старта**

Халтаева Ю.С., Карасев Б.С., Подгорная В.И.

Научный руководитель — к.т.н. Саваровский А.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова Санкт-Петербург

В наше время остро стоит вопрос обеспечения экологической безопасности. Предприятия химической промышленности в ходе производства используют опасные вещества, часть из них является летучей. Метеорологические станции на земле фиксируют выброс химикатов с задержкой, что приводит к большим экономическим потерям и к трагическим последствиям для окружающей среды. Для фиксирования таких выбросов необходимо регулярно проводить вертикальное зондирование. В данный момент не существует устройств для выполнения этой задачи. Для этой функции создана, ракета-носитель, в которую можно поместить полезную нагрузку (любой аппарат) массой 1 кг.

Уникальностью этого комплекса служит многофункциональность, модульность, надежность, возможность многократного использования. Многоразовость дает возможность осуществлять запуски неограниченное количество раз. Модульность позволяет выполнять широкий круг задач. В составе модуля полезной нагрузки может быть измерительное оборудование для замеров таких параметров, как радиоактивный фон, температура, влажность, давление, концентрация опасных веществ и твердых частиц.

Характеристики ракеты-носителя:

- Длина: 1375 мм
- Ширина: 356 мм
- Диаметр мишеля: 110 мм
- Масса полезной нагрузки: до 1 кг
- Внутренний объем, предназначенный для полезной нагрузки: 2 л
- Максимальная скорость полета: 290 м/с
- Максимальная высота: 2550 м
- Время достижения апогея: 24 с
- Взлетная масса: 6 кг

Отличительной особенностью этой ракеты является быстрая сборка и компоновка всех модулей благодаря винтам М3, которые удерживают практически всю конструкцию. Только для двигателя используется М8, так как диаметр входного отверстия двигателя регламентирован.

Чтобы облегчить конструкцию, использовались композитные и аддитивные технологии. Они позволяют не только снизить массу конструкции, но и сделать ее максимально прочной. Такие блоки как корпус бортовой электроники, головной обтекатель, каркас стабилизаторов предполагается изготовить методом аддитивных технологий.

Одной из главных задач для ракетного комплекса служит быстрый поиск ракеты после пуска. Для этого материал корпуса ракеты был изменен. Углепластик проявил себя как непрозрачный материал и затруднил поиски модели после пуска. В связи с этим теперь корпус ракеты будет изготовлен из стеклопластика. Внешняя конструкция ракеты состоит из головного обтекателя, корпуса и стабилизаторов.

Конструкция стабилизаторов ракеты-носителя представляет собой каркасную основу, покрытую слоем стеклопластика для обеспечения минимальной массы и удовлетворения требованиям балансировки ракеты-носителя.

Внутренняя часть ракеты-носителя — единый модуль, состоящий из полезной нагрузки, отсека бортовой электроники и систем спасения ракеты-носителя и полезной нагрузки. Компоновка элементов блока была продумана для максимальной эффективности. На самом верху располагается основной парашют ракеты-носителя. Следом идет парашют полезной нагрузки, полезная нагрузка, пых, стакан для вышибного заряда и бортовая электроника.

Нижняя часть ракеты имеет пустое пространство. Оно обусловлено необходимостью достижения достаточной стабильности ракеты-носителя.

Нижняя часть состоит из двигателя, стабилизаторов и специальных креплений. Двигатель закрепляется при помощи болта М10, а нижним креплением выступает решетчатый обтекатель. Для центрирования расположения двигателя используются специальные кольца. Чтобы дополнительно уменьшить массу ракеты, таким образом скомпенсировать больший вес от замены материала для корпуса, было решено изменить конструкцию упора под двигатель методом топологической оптимизации в программе Solidworks. При работе с данным методом, конструкция приобрела нестандартный вид, который производится с помощью аддитивных технологий.

Список используемых источников:

1. Мальцева О. А., Юденков В. Э., Голованских О. И. Проектирование сверхлёгкой ракеты-носителя измерительного оборудования «РН-Д1» // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVII Гагаринские чтения 2021. — М.: Издательство «Перо», 2021. — Мб.

2. Real Rockets [Электронный ресурс] // <http://real-rockets.ru/> (дата обращения: 24.11.2022).

3. Власенко Е. А., Юденков В. Э., Карасев Б. С. Ракета-носитель РН-Е8 как средство метеорологических исследований // Аэрокосмическая декада 2021 сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал» Симферополь, 2021, с. 201-204

4. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. СПб.: БХВ-Петербург, 2012

## **Особенности проектирования многослойных теплоизоляционных покрытий для применения в космосе**

Хамадов Р.Р.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Колесник С.А.

МАИ, Москва

Многослойное изоляционное покрытие — это тип высокоэффективного изолятора, который состоит из множества барьеров для замедления потоков излучения высокоэнергетических частиц и тепловой энергии. Радиационные барьеры обычно представляют собой тонкие полимерные пленки с металлом, осажденным из паровой фазы, на одной или обеих сторонах. Поскольку практически невозможно спроектировать и изготовить покрытие, отражающее 100 процентов падающего излучения, конструкция многослойных изоляционных покрытий может варьироваться от нескольких простых покрытий до серии различных покрытий, соответствующих сложной геометрии. Как правило, каждый отражатель будет отражать от 90 до 99 процентов энергетических излучений. Совокупный эффект заключается в создании почти 100-процентного эффективного барьера.

Многослойная изоляционная покрытие состоит из внешнего слоя, отражающего слоя, разделительного слоя и внутреннего слоя. При выборе материалов для изготовления

многослойных изоляций для применения в космосе следует учитывать следующие особенности.

Материал внешнего покрытия должен быть устойчив к осыпанию, отслаиванию и другим формам образования твердых частиц. Материалы внешнего покрытия, которые не прозрачны для ультрафиолетового излучения, должны иметь металлизированный отражающий слой, действующий как световой отражатель непосредственно под покрытием без разделительного слоя. Следует учитывать отслоение металлического покрытия алюминизированной ткани при неаккуратном обращении с ним. При невозможности получения требуемых внешних оптических свойств возможно использование других покрытий. При условиях воздействия электростатического разряда на электронные схемы космического аппарата и их повреждения, следует учитывать наличие проводящих покрытий во внешней оболочке.

При долговременной бомбардировке атомарным кислородом необходимо учитывать плотность проектируемых тканей, используемых во внешней оболочке многослойных покрытий. Менее плотное плетение тканей не способно защитить нижележащие слои от ударов бомбардировки атомами кислорода на низких околоземных орбитах.

В случае использования метилсилоксановых агентов при обработке внешних покрытий может увеличиться поглощение солнечного света при длительном воздействии ультрафиолетового излучения. В зависимости от требований к эластичности материала можно использовать меньшее количество метилсилоксана или другие добавки. При необходимости сохранить оптические свойства, проводятся комплексные испытания тканей путем воздействия ультрафиолетового излучения в вакууме в течение 500 эквивалентных солнечных часов, чего достаточно для начала процесса деградации покрытия. При этом важным аспектом является проведение испытаний ткани в вакууме, в противном случае отбеливание атмосферным кислородом может свести на нет любое воздействие ультрафиолета.

Отражающие слои находятся под внешним защитным слоем, выполняющим функцию защиты от воздействия космической среды. Большинство конструкций многослойных оболочек требуют перфорации отражающих слоев, с целью обеспечения вентиляции во время подъема и предотвращения раздувания. Расположение вентиляционных отверстий имеет решающее значение для применения в космической оптике для предотвращения осаждения загрязняющих веществ. В случае, если отражающие слои не перфорированы возможно обеспечения вентиляции через незастегнутые участки через швы покрытия.

Также при проектировании покрытия многослойных изоляционных покрытий следует учитывать количество слоев отражателя, необходимых для достижения желаемого теплового эффекта на защищаемой поверхности. На космических аппаратах с низкой околоземной орбитой в течении длительного срока обычно используется от 15 до 20 слоев отражателей.

Проектируемые металлизированные покрытие должны быть изготовлены из 99,99% чистого металла, нанесенного в вакууме на подложку из полимерной пленки с удовлетворительной адгезией. В таком случае покрытие будет однородным, с ярким металлическим оттенком и без значительного обесцвечивания. При укладке покрытия необходимо свести к минимуму механические повреждения поверхности, препятствовать царапанию металлизированной пленки при обращении с ним.

Разделительные слои служат для разделения отражательных слоев между собой, внешним и внутренним слоями, а также другими поверхностями.

Внутренний слой прилегает к нижележащему оборудованию. Армирование в этих слоях и алюминиевое покрытие должны быть обращены в сторону внешних слоев. При выборе материалов внутреннего слоя необходимо учитывать возможность их воспламенения. При использовании чувствительной оптики на космическом аппарате или применения покрытия в непосредственной близости с оптическим оборудованием необходимо проводить испытания по выявлению на наличие фталатного пластификатора, добавляемого для придания гибкости. Этот пластификатор следует удалять химическим путем или выпечку.

Внутренний слой не металлизирован с целью уменьшения вероятности возникновения короткого замыкания.

Список используемых источников:

1. M.M. Finckenor Multilayer Insulation Material Guidelines// Marshall Space Flight Center, Marshall Space Flight Center, Alabama 1999, p. 11-15

## **Лунная автоматическая станция с возвращаемой ракетой**

Черепанов А.В.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Первые аппараты, осуществившие посадку на Луну, автоматические станции (АМС) и пилотируемые миссии производили исследования лунной поверхности в области экватора и в умеренных широтах.

Данные, полученные с помощью российского нейтронного детектора ЛЕНД (входит в состав американского космического аппарата Lunar Reconnaissance Orbiter), позволяют сделать вывод о том, что условия около лунных полюсов в значительной степени отличаются от условий в районах, изученных ранее. Анализ полярного реголита выявил в его составе много летучих соединений космического происхождения, такие как вода и различные сложные молекулы.

Летом 2022 года была опубликована статья, в которой проводится анализ китайской миссии «Чанъэ-5» и полученных в ходе нее результатов [1]. Доказательства, приведенные в данной статье, подтверждают наличие воды в виде льда на южном полюсе Луны. Однако ее источник остается неизвестным. Это может быть и воздействие солнечного ветра, и лед, который вышел из недр небесного тела на ранних этапах формирования. Это может означать, что водяной лед сохранился в больших количествах под поверхностью Луны [2]. Определение источника может полностью изменить представление об эволюции искусственного спутника Земли и всей Солнечной системы.

Климатические условия на полюсе на Луны таковы, что в холодном полярном реголите многие миллионы лет происходило накопление космических летучих веществ, попадавших на спутник Земли.

Важным аспектом является определение распределения льда и поиск крупных отложений для дальнейшего подробного исследования. Так как в будущем возможно создание базы на поверхности Луны, то подобная информация будет решающей при выборе места для ее строительства.

Лунные условия могут оказаться опасными для человека. Помимо отсутствия атмосферы и малой гравитации, будущим исследователям угрожают космическая радиация и лунная пыль. Свойства лунной пыли значительно отличаются от свойств земной пыли, поэтому она требует дополнительного изучения.

То есть перед космическими аппаратами, изучающими лунную поверхность поставлены не только научные задачи, которые дадут ответы на вопрос об происхождении и эволюции Луны, но и более практические, направленные на сбор информации для будущего освоения Луны — такие как построение карты расположения природных ресурсов (и в первую очередь воды), исследование структуры и состава реголита, пылевых и микрометеоритных условий, радиационной обстановки. Поэтому есть необходимость в добыче лунного грунта и отправке его на Землю для отработки методик анализа забираемых образцов, создания экспериментальных установок по выделению и переработке отдельных химических элементов. Все это будет способствовать отработке ключевых технических средств для последующих экспедиций по развешиванию лунной базы.

Для забора грунта с южного полюса и отправки его на Землю был разработан предполагаемый аппарат. Основным рабочим органом будет являться аналог грунтозаборного комплекса КА Фобос-Грунт.

Был проведен анализ прототипов и проектно-баллистический анализ. На основе результатов разработаны два варианта компоновки АМС. Конечный облик аппарата был определен благодаря результату конструкторско-прочностного расчета.

Список используемых источников:

1. Liu, J., Liu, B., Ren, X. et al. Evidence of water on the lunar surface from Chang'E-5 in-situ spectra and returned samples. Nat Commun 13, 3119 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30807>

2. С. Г. Пугачева и Е. А. Феоктистова, «Отложения реликтовой замерзшей воды на Луне» Инновации и инвестиции 11, стр. 227-233, 2015.

## **Беспилотная система обнаружения низколетящих объектов сплошной зоны радиолокационного покрытия**

Чернова М.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Калягин М.Ю.

МАИ, Москва

Введение в эксплуатацию системы обнаружения низколетящих объектов имело бы ряд преимуществ. Одним из которых является обеспечение сплошной зоны радиолокационного покрытия на малых высотах с дальностью обнаружения низколетящих объектов до 80 километров в зависимости от рельефа местности [1]. Это достигается путем установки РЛС на позиционно закрепленные аэростаты. Позиционно закрепленный тросом аэростат не требует размещения дежурного обслуживающего персонала, что позволяет значительно снизить стоимостные и временные затраты.

Система обнаружения низколетящих целей представляет собой сеть радиолокационных станций, установленных на равноудаленных позиционно закреплённых беспилотных аэростатах. Аэростат удерживается в воздухе с помощью специального канат-кабеля, который позволяет передавать на борт аэростата электроэнергию, объединяет РЛС в единую сеть и обеспечивает сетевое взаимодействие между аэростатами и пунктом контроля и наблюдения. Для обеспечения точного определения координат цели, ее положения в пространстве и скоростных характеристик используются три ближайших расположенных к ней аэростата. Полученные данные передаются в пункт объектовой охраны для выдачи целеуказаний ближайшим станциям обслуживания.

Предлагаемое схемное решение системы обнаружения основано на существующих технических решениях, реализованных в рамках проектов: фазированной антенной решетки АУ-М-1 [2] и аэростата АУ-27 [3]. АУ-М-1 используется для электронного сканирования цели в азимутальной и угломестной плоскостях в режиме реального времени. Кривизна земной поверхности и неровности рельефа местности сильно ограничивают возможности наземных РЛС по обнаружению низколетящих средств воздушного базирования. Размещение РЛС в gondole под аэростатом или на его оболочке позволяет пренебречь условиями рельефа местности.

Аэростаты АУ-27 весьма экономичны в эксплуатации, так как имеют незначительную утечку гелия и небольшое энергопотребление. Для наполнения оболочки и первого подъема аэростата требуется 4-6 человек. Продолжительность стоянки аэростата на рабочей высоте составляет 15 суток. Регулярные операции, в том числе инспекция и повторное наполнение, требуют всего 1-2 человек. Наземные схожие по параметрам РЛС требуют от 3 человек для постоянного обслуживания [4].

Беспилотная система обнаружения низколетящих объектов, рассмотренная в настоящей работе, может явиться оптимальным решением в части противодействия беспилотным аппаратам малой высоты полета. Предложенная схема имеет более низкую стоимость по сравнению со стандартными системами РЛС за счет отсутствия необходимости размещения постоянного гарнизона.

Список используемых источников:

1. <https://topwar.ru/157292-obespechenie-raboty-zrk-po-nizkoletjaschim-celjam-bez-privlechenija-aviacii-vvs.html>
2. <https://xn----7sboid4aeagueod.xn--p1ai/#antennas>
3. <http://rosaaerosystems.ru/aero/obj20>
4. <http://radar.narod.ru/rdr-ap-rv.html>

## **Компьютерное моделирование истечения холодной сверхзвуковой струи из конического сопла**

Чупина Е.С.

Научный руководитель — Бут А.Б.

МАИ, Москва

Интенсивное развитие авиационной и ракетно-космической промышленности характеризуется использованием методов численного моделирования. С их помощью становится возможным создание математической модели движения изучаемой системы и её дальнейшее исследование с использованием численных методов. Современные методы компьютерного моделирования и развитие вычислительной техники позволяют воспроизводить сложные физические процессы одной или нескольких систем в совокупности.

Одним из основных этапов численного моделирования является валидация математических моделей на малых экспериментальных установках, которые должны подтверждать правильность выбранной математической модели и методов решения численной задачи.

В данной работе рассматривается моделирование истечения холодной сверхзвуковой струи из конического сопла и сравнение полученных результатов с данными эксперимента.

На основе данных, представленных в [1–3], была получена 2D модель конического сопла и расчетная область истечения воздуха. Далее была построена блочно-структурированная сеточная модель и проведен расчет для сравнения с результатами эксперимента.

Для определения точности полученного решения было проведено исследование сеточной сходимости, которое заключалось в уменьшении шага сетки и анализе влияния этого процесса на результаты решения. Адаптация ячеек проводилась по градиенту плотности до достижения сходимости по сетке по параметрам газа на оси струи.

Затем на адаптированной модели был проведен расчет с учетом турбулентной вязкости (уменьшено пороговое значение числа Маха турбулентных пульсаций  $Mi_0$ ). Расчеты показали, что после уменьшения данного коэффициента удалось увеличить точность расчета струи и добиться лучшего совпадения распределений давления торможения на оси струи с экспериментальными данными.

Список используемых источников:

1. Антипова М.С., Дядькин А.А., Запругаев В.И., Крылов А.Н. Компьютерное моделирование истечения холодной сверхзвуковой струи из конического сопла с использованием программного пакета FLOEFD. — М.: РКК «Энергия» им. Королева, 2016. — 11 с.
2. Zapryagaev V.I., Kudryavtsev A.N., Lokotko A.V., Solotchkin A.V., Pavlov A.A. and Hadjadj A. An Experimental and numerical study of a supersonic-jet shock-wave structure. 2002, P. 187 — 191.
3. Запругаев В.И., Кавун И.Н., Кундасев С.Г. Расчетно-экспериментальное исследование газодинамической структуры сверхзвуковой перерасширенной струи // Вестник НГУ. Сер. Физика. — 2013. Т.8., N 4. — с. 84 — 92.

## **Анализ и расчет размера винта БПЛА для полета в атмосфере Венеры**

Шермет А.А.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Во многих отношениях использование аппарата с роторной системой на Венере — оптимальный вариант, потому что Венера имеет плотную атмосферу. Такая плотная атмосфера делает использование аэродинамических роторов идеальным решением для спуска. Высокие температуры поверхности Венеры также представляют собой проблему для срока службы миссии и для приведения в действие роторных устройств, и их необходимо учитывать.

Использование активного аэродинамического управления с роторной системой для выполнения благоприятного входа и спуска десантного модуля является желательной характеристикой, которая позволит избежать опасности на поверхности на заключительных этапах посадки на неизвестной и неопределенной территории, когда существует высокая вероятность столкновения с чрезвычайно пересеченной местностью.

Плотная атмосфера Венеры позволит использовать для торможения небольшие винты. Аппараты, включающие один или два ротора, способны регулировать только скорость снижения, в то же время аппарат с тремя или более роторами способен регулировать угол снижения и выравнивания траектории. Все роторы должны включать в себя систему коллективного управления, чтобы иметь возможность выполнять мягкую посадку с замедлением.

Для определения размера винта были выбраны параметры для проведения расчетов. Масса аппарата — 150 кг при расчетной скорости спуска к поверхности 8 м/с, плотности атмосферы Венеры — 64,79 кг/м<sup>3</sup>. Получен диаметр равный 0,34 метра для одного винта в системе с четырьмя роторами, работающих в режиме авторотации. Система с четырьмя роторами позволит осуществить регулирование угла рысканья, как и регулирование угла тангажа, с помощью ортогональной пары роторов.

В рамках доклада будет рассказано о концепции роторного аппарата для исследования Венеры, будет представлен расчет диаметра винта.

Список используемых источников:

1. Моисеев В.С. Беспилотные вертолеты. Современное состояние и перспективы развития. Серия «Современная беспилотная вертолетная техника». Казань, редакционно-издательский центр «Школа», 2019, с. 84-85.

2. Johnson, W., Helicopter Theory, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1980. — 1089 p.

3. Young, L.A., Chen, R., Aiken, E., and Briggs. G., “Design Opportunities and Challenges in the Development of Vertical Lift Planetary Aerial Vehicles,” American Helicopter Society (AHS) Vertical Lift Aircraft Design Conference, San Francisco, CA, January 2000. — 23 p.

## **Оценка воздействия корпускулярных излучений на нижнюю атмосферу и климат**

Шипинская У.С.

Научный руководитель — к.т.н. Шувалов В.А.

АО «ЦНИИмаш», Москва

Известно, что потоки электромагнитного излучения Солнца, а точнее их коротковолновая часть, падающая на поверхность Земли, является главным источником энергетических ресурсов на нашей планете. Именно она напрямую или косвенно определяет энергетику практически всех главнейших природных процессов и явлений (физических, механических, биологических и др.), и в первую очередь определяет гидрометеорологическую обстановку и состояние земной климатической системы. На глобальный климат оказывают влияние, как внешние (астрономические, гелиогеофизические) так и внутренние факторы (состояние взаимодействия системы

«поверхность-океан-атмосфера», химический состав, биота и т.д.), определяющие перенос вещества и энергии в земной климатической системе.

Физической основой гидрометеорологической и климатической системы является радиационный баланс Земли (РБЗ). Под РБЗ понимается разность между поглощенной коротковолновой солнечной радиацией и инфракрасным (тепловым) излучением (т.е. уходящей в космос длинноволновой радиацией), измеренным на верхней границе атмосферы. Верхней границей атмосферы принято считать высоту 30 км над поверхностью Земли, где также фиксируется РБЗ, а именно падающие и уходящие энергетические потоки. Радиационный баланс подстилающей поверхности (РБП) определяется, как разность падающей поглощенной радиации и излучаемой этой поверхностью. Эти процессы поглощения-излучения оказывают влияние на температуру поверхности и приземного слоя воздуха, а также суточные и, годовые вариации земной климатической системы. На РБП и его компоненты влияют: положение Солнца, продолжительность светового дня, прозрачность атмосферы, водяной пар и другие поглощающие газы. Если приток лучистой энергии больше ее расхода, то РБП положителен, следовательно, земная поверхность нагревается, а если меньше, то земная поверхность будет охлаждаться. Таким образом РБП является климатообразующим фактором и микроклиматической характеристикой, определяемой по измерениям в данном конкретном месте. Основными компонентами земной климатической системы являются поверхность планеты, атмосфера и облачность. Необходимо отметить, что различия значений РБЗ в условиях облачности и в условиях прозрачности атмосферы характеризует влияние облаков на РБЗ [1].

В настоящей работе рассматривается механизм образования облачности, связанный с воздействием высокоэнергичного корпускулярного излучения (галактических и солнечных космических лучей, т.е. ГКЛ и СКЛ), которое через цепочку геофизических процессов взаимодействуют с нижней атмосферой. Данное воздействие на тропосферу способствует появлению заряженных ядер конденсации [2], увеличению скорости конденсации водяного пара (более чем на порядок по отношению к аэрозолям), образованию облачности, что приводит к дополнительной инсоляции земной поверхности и возможной климатической изменчивости.

В докладе обозначена важность исследования процесса взаимодействия корпускулярных излучений с нижней атмосферой, появления окон прозрачности атмосферы и влияния этих процессов на климатическую изменчивость [3]. Показана целесообразность использования группировки малых космических аппаратов и космических средств для мониторинга потоков ГКЛ и СКЛ и влияния их на образование облачных структур.

Список используемых источников:

1. Скляр Ю.А., Бричков Ю.И., Семенова Н.В. «Радиационный баланс Земли. Введение в проблему.» — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. — 188 с.: ил.
2. Хегай В.В., Карелин А.В. Молекулярно-кинетическая теория конденсации в атмосфере и ее применения. // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. — 2021 г. — Т. 185 — № 6 — С. 11-19.
3. Карелин А.В., Кузьмин Ю.А., Твердохлебова Е.М., Томшин А.С., Шувалов В.А., Яковлев А.А. Влияние геофизических процессов на изменение состояния нижней атмосферы и климата и концепция системы мониторинга потоков высокоэнергичных корпускулярных излучений. // Космонавтика и ракетостроение. — 2022 г. №4 (127) — С. 74–83.

## **Особенности крепления и проблемы надёжности ТЗП МТКС**

Языков М.Д., Шумилин А.И., Сандин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гофин М.Я.

МАИ, Москва

Создание ракетно-космической техники обусловлено возникновением ряда трудностей, но их разрешение приводит к новым техническим решениям и появлению надежных конструкций в технике. Одной из таких сложностей является обеспечение защиты космической техники от теплового воздействия во время полетов. Необходимость в

использовании теплозащиты возникает в тех случаях когда незащищенная конструкция должна неминуемо разрушиться.

Впервые проблема тепловой защиты была затронута в связи с решением задач гиперзвукового полета, так как при полете с высокой скоростью в результате преобразования кинетической энергии внешнего потока вследствие трения в тепло температура поверхности может значительно превышать допустимую, при которой происходит разрушение материалов конструкции, к примеру, при скорости полета  $M = 10 \dots 15$  температура может достигать  $5000 \dots 10000$  К. При движении тела со скоростями  $M \geq 6$ , в самом газовом потоке и на поверхности тела происходит череда физических превращений, вследствие которых на поверхности аппарата появляются очаги разрушения материала. В связи с этим при создании космической техники одна из первоочередных задач состоит в необходимости обеспечения тепловой защиты элементов конструкции летательных аппаратов, подвергающихся воздействию высокотемпературного потока газа и больших тепловых нагрузок.

В настоящей работе планируется рассмотреть несколько примеров многоразовых транспортно-космических систем (МТКС), а именно орбитальный корабль (ОК) Буран, Space Shuttle, Starship и провести анализ теплозащитного покрытия каждого корабля. Одним из важных параметров материала теплозащитного покрытия, является коэффициент теплового расширения (КТР), который должен быть минимальным для обеспечения термпрочности при тепловых ударах. Покрытия выбранных многоразовых систем выполнены в виде керамических плиток различных геометрических форм. К примеру, теплозащита корабля Starship сделана из материала TUFROC (Toughened Unipiece Fibrous Reusable Oxidation Resistant Ceramic), который способен стабильно работать при температурах до  $1922$  К и, состоит из кремнеземной изолирующей основы АЕТВ и верхнего покрытия углерод-углерод. TUFROC уже успешно применяется на орбитальном испытательном корабле, созданном корпорацией Boeing: X-37. Плитки ОК имеют ограниченный размер, вследствие, существенного различия температурного поля по всей длине планера, но при этом неразъемно соединены с силовой конструкцией через специальный уравнивающий слой. За счет теплового расширения плиток и во избежание их контакта друг с другом при возможной деформации обшивки между ними сделаны специальные зазоры, оптимальную величину которых и планируется определить в данной работе для каждого ОК. Немаловажными остаются еще два момента вес одной плитки теплозащитного покрытия МТКС, а также способы крепления его к силовой конструкции. В практике существуют несколько способов крепления: механический, клеевой, с помощью специальных клипс. К примеру, для крепления теплозащитной конструкции к обшивке ОК «Буран», использовался клей Эластосил 137-175М на основе кремнийорганического каучука, данный клей обеспечивает надежное соединение в диапазоне температур от  $-130$  до  $+300$  °С. В работе проведен анализ способов крепления покрытий МТКС с целью выявления наиболее оптимального.

Таким образом в работе были исследованы способы крепления теплозащиты, определены оптимальные величины межплиточных зазоров и оценен приблизительный вес теплозащитных покрытий ОК.

Список используемых источников:

1. Гофин, М. Я. Жаростойкие и теплозащитные конструкции многоразовых аэрокосмических аппаратов / М. Я. Гофин. — М., 2003 (АООТ Твер. полигр. комб.). — 671 с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 5-93612-007-4 (в пер.)
2. Sylvia M. Johnson. Thermal Protection Materials and Systems: Past and Future: materials International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites. (Daytona Beach, January 25, 2015). — Daytona Beach, 2015. — 42 p.
3. Сервер технических отчетов NASA : официальный сайт. — США. — обновляется в течение суток. — URL: <https://ntrs.nasa.gov> (дата обращения 15.02.2023).

## Обеспечение точности изготовления деталей с учетом масштабного фактора

Янко М.А., Виноградова И.К.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галиновский А.Л.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Вопросы, касающиеся повышения параметров качества изготовления деталей машиностроения являются приоритетными и актуальными во все времена. При этом важнейшим параметром качества является точность изготовления детали или изделия. Сложность решения проблем повышения точности изготовления заключается в необходимости учета большого количества факторов, оказывающих влияние на технологический процесс изготовления и вызывающих определенные операционные погрешности. Поэтому в таком случае целесообразным является применение вероятностно-статистических методов, универсальность которых позволяет задействовать их в решении широкого круга научно-технических задач.

Точность изготовления изделий неотъемлемо связана с понятием технологической наследственности. Одним из наиболее устойчивых факторов наследования является фактор вероятностного влияния геометрических параметров заготовки на величину погрешности формообразования изготавливаемой детали. В литературе этот фактор принято называть масштабным фактором.

Анализ литературы и исследования показали, что масштабный фактор точности (МФ) присутствует во множестве технологических процессов изготовления деталей с высокой точностью. Тем не менее эти вопросы, связанные с масштабным фактором до сих пор являются малоизученными.

Исходя из вышесказанного, под МФ следует понимать вероятностное влияние геометрических характеристик исследуемых объектов на величину погрешностей их изготовления или сборки.

Факторы влияния можно разделить на две группы: внешние и внутренние. К внешним факторам относятся те, которые благодаря своим возможностям могут влиять на состояние изделия, его структуру, геометрию, свойства и т.д. Внутренними факторами являются следствием или результатом воздействия внешних факторов, к ним может быть отнесён МФ, технологическая наследственность и пр.

Проявление МФ точности носит качественный характер и в связи с этим не позволяет построить количественные соотношения. Согласно определению МФ в качестве исследуемого параметра будем анализировать влияние площади контакта  $S$  между деталью и осноткой на вероятность образования геометрической погрешности базирования.

Так как на анализируемой контактной поверхности  $S$  возможны только 2 взаимоисключающие ситуации: наличие аномалии и ее отсутствие, — то их суммарная вероятность равна единице. В таком случае вероятность  $P(S)$  появления аномалии на анализируемой контактной поверхности можно выразить как разность единицы и вероятности отсутствия этой аномалии  $P^*(S)$ . Таким образом получено вероятностное соотношение, которое количественно связывает вероятность образования погрешности базирования  $P(S)$  с величиной площади поверхности контактного взаимодействия между заготовкой и приспособлением ( $S$ ) и качеством этих поверхностей, то есть наличием или отсутствием геометрических несоответствий.

Полученное вероятностное соотношение можно усовершенствовать, если принять во внимание, что реальное взаимодействие заготовки с приспособлением все-таки происходит намного сложнее из-за неровностей рельефов контакта. Так как неровностей рельефов контакта в реальности целое множество, то вместо параметра  $S$  следует учитывать среднюю концентрацию аномалий  $C_i$ . Тогда ранее выведенное соотношение примет вид:

$$P_i(S) = 1 - P_i^*(S) = 1 - \exp(-C_i S)$$

где: индекс  $i$  соответствует некоторой средней концентрации  $C_i$  характерных аномалий на контактных (базовых) поверхностях, а  $P_i(S)$  означает вероятность появления геометрической погрешности, соответствующей данному значению  $C_i$ .

Список используемых источников:

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбаев В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. — 526 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1997. — 479 с.
3. Галиновский А.Л., Бочкарев С.В., Нелюб В.А. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ДИАГНОСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Учебное пособие / Старый Оскол, 2019.
4. Барзов А.А., Галиновский А.Л.Д., Кузнецов И.Е. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАСТРУЙНОЙ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2009. Т. 12. № 4. С. 121-126.

## **Оценка ресурса работы схем монтажа металлооблицовки при циклическом газодинамическом воздействии**

Ярославцева М.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шаповалов Р.В.

МАИ, Москва

Газоотражатели способствуют отводу горячих газов от продольной оси струи для обеспечения отвода газов от донной части ракеты. На газоотражателе действуют давление продуктов сгорания и тепловой шок. Определение ресурса работы теплозащитных покрытий (ТЗП) на этапе проектирования газоотражателя актуально на сегодняшний день, так как при многократных пусках образуются обширные повреждения, способствующие частому проведению ремонтных работ по восстановлению целостности отражателя.

Существует несколько монтажных схем закрепления металлических листов на газоотражателе. Основной целью данного исследования является сравнение эквивалентных напряжений и циклов нагружения до разрушения в листовых деталях облицовки при использовании различных схем закрепления ТЗП.

Объектами исследования являются сварная, шарнирная и болтовая схемы закрепления листов металлооблицовки. Листы выполнены из конструкционной стали марки «Сталь 20».

Предметом исследования является сопротивление усталостному разрушению различных схем закрепления защитной металлооблицовки.

Задачами исследования являлись: определение напряженно-деформированного состояния листов при динамическом нагружении и определение их ресурса работы в условиях периодического газодинамического нагружения.

Предварительно, к узлам моделей прикладываются значения температур, полученные в результате газодинамического и теплового анализа.

В программном комплексе, реализующем конечно-элементное моделирование, были построены модели схем закрепления листов металлооблицовки. Далее через модуль расчета усталостной прочности были заданы усталостные характеристики материала деталей. Определено число циклов нагружения перед появлением макротрещины.

Дополнительно исследовалось влияние предварительного нагрева нижних холодных участков листов облицовки на усталость материала деталей.

Полученные результаты можно использовать для прогнозирования разрушения деталей газоотражателей после определенного количества пусков. Использование данной методики в проектировании наземного технологического оборудования позволит повысить надежность деталей, подвергающихся газодинамической нагрузке.

Список используемых источников:

1. Буй М. К. Проблемы компьютерного анализа усталостной прочности деталей машин с учетом влияния температуры // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2009. — № 4(40). — С. 53-57.

2. ГОСТ Р 51282-99 — Оборудование технологическое стартовых и технических комплексов ракетно-космических комплексов. — М.: Издательство стандартов, 1999. — 36 с.

3. Шаповалов Р.В., Ярославцева М. М. Анализ тенденций развития технологий монтажа теплозащитных покрытий газоотражателей пусковых устройств // Космонавтика и ракетостроение. — 2021. — № 6(123). — С. 134-144 .

4. Boyer H. E. Atlas of fatigue curves. — Ohio: American Society for Metals, 2006. — 534 p.

## **Стартовая установка для запуска ракеты с метеорологическим зондом**

Салтыков В.А., Голованских О.И., Позняк Д.Р.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Для обеспечения стабильного положения ракеты на старте был разработан стартовый стол. Рассмотрим основные элементы конструкции.

Стартовая установка состоит из 2 основных частей: основания и стрелы. В качестве основного материала применяется алюминиевый сплав АД31, который, благодаря своему низкому удельному весу, позволяет иметь низкую массу. Однако данный материал не обладает достаточной стойкостью к высокотемпературной струе продуктов сгорания двигателя, в связи с чем возникла необходимость обеспечить защиту конструкции с помощью газоотражателя, выполненного из стали.

Стрела стартовой установки представляет собой подборку, состоящую из сварной ферменной конструкции и направляющей.

Направляющая состоит из двух частей: нижней и верхней. Части скреплены друг с другом специальным способом: стержнем и линейными соединителями. Направляющая соединяется с ферменной конструкцией посредством группы винтов с потайной головкой в сочетании с резьбовыми заклепками.

Ферменная конструкция [1], служащая для увеличения жесткости стрелы, в длину составляет 1512 мм и имеет основание равностороннего треугольника со стороной 150 мм. Также к ферменной конструкции привариваются специальные проушины, необходимые для крепления механизма возведения стрелы.

В качестве подъёмного механизма применимы различные варианты, например, гидроцилиндры и пневмоцилиндры.

Гидроцилиндры. Можно выделить следующие основные достоинства: высокая энергоёмкость, удобство монтажа, быстроедействие. И следующие ключевые недостатки: дороговизна, прихотливость в эксплуатации, взрывоопасность [2].

Пневмоцилиндры. Достоинства: простота конструкции, низкая стоимость, большой срок службы. Основным недостатком является высокая сжимаемость воздуха, ввиду чего при сжатии накапливается энергию, которая может превратиться в кинетическую энергию движущихся масс и вызвать ударные нагрузки, а также более низкий КПД в сравнении с гидроцилиндром.

В результате было решено использовать гидроцилиндр, так как ход штока и подъёмная сила значительней выше.

Основание стола состоит из платформы, четырех двухзвенных лап, двух радуг и упора.

Платформа — сварная конструкция, состоящая из листа, усиленного профилем.

К платформе прикрепляются 4 двухзвенные лапы с упором на конце, которые необходимы для обеспечения устойчивости вопреки опрокидыванию стартовой установки.

Были проведены прочностные расчеты стрелы в среде математического моделирования Ansys. В результате симуляции отклонения при постоянной нагрузке в 700 Ньютон в верхней точке, максимальное смещение составило 3.7 мм. В расчетах принимались следующие допущения: Нагрузка постоянна и равна по модулю 700 Н. Возникающие в процессе симуляции прочностные характеристики не превышают располагаемых нагрузок.

Помимо прочего, для удержания стрелы в положение технического обслуживания предусмотрены специальные упоры, устанавливающиеся на радуги.

Список используемых источников:

1. В.В. Фролов. Дуговая сварка алюминия. Технология, 2003 г.

2. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Гидравлические машины и приводы: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.

3. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1975.

4. Н. Н. Романюк, доцент К. В. Сашко, В. А. Агейчик, А. И. Оскирко, А. Л. Вольский, П. В. Клавсуть. Подъемно-транспортные машины и механизмы. Подъемно-транспортные машины и механизмы. Минск : БГАТУ, 2015.

## **Секция №5.2 Анализ и синтез аэрокосмических систем**

### **Сверхдлинноволновой телескоп**

Борисов В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В данный момент времени наша Вселенная изучается телескопами почти во всех диапазонах излучения как на земле (КВАЗАР, EVN, VLBA и др.), так и в космосе (Спектр-РГ, «Хаббл», «Джеймс Уэбб» и др.). Однако, сверхдлинноволновой радиотелескоп на обратной стороне Луны обладает значительными преимуществами по сравнению с телескопами наземного или околоземного базирования. Такой телескоп позволяет наблюдать Вселенную на длинах волн более 10 метров (т.е. частотах ниже 30 МГц), которые невозможно наблюдать с Земли из-за поглощения их собственной ионосферой, а также Луна действует как радиощит, который позволяет спрятаться в радиотень Луны от радиопомех излучаемыми источниками на поверхности Земли, ионосферы, спутников, вращающихся на околоземной орбите, и Солнца.

Так, исследования волн сверхдлинноволнового диапазона даст возможность построить трехмерную карту Вселенной в линии нейтрального водорода. Для космологии это сравнимо с реликтовым излучением. Более того, такой проект даст возможность найти новые экзопланеты с собственным магнитным полем, так как такие планеты, как и Земля являються источником сверхдлинноволнового излучения.

Оборудование для телескопа, принимающего сигналы в сверхдлинноволновом диапазоне достаточно просто. Несмотря на то, что антенная система должна быть довольно внушительна по своим размерам, однако, это компенсируется простотой аппаратуры: это могут быть просто провода, разложенные по поверхности. А объем информации, получаемый такими антеннами, пропорционален несущей частоте.

Так, например, один из концептов реализации данной миссии предлагает установить проволочную сетку диаметром 1 км с помощью двухосных роботов-скалолазов в одном из лунных кратеров диаметром 3-5 км с подходящим соотношением глубины к диаметру, чтобы сформировать сферический отражатель.

Список используемых источников:

1. Егоров Виталий Лунная форточка во Вселенную: о телескопах на Луне [В Интернете] // TechInsider. — 02.03.2017 г. — 03.11.2022 г. — <https://www.techinsider.ru/science/335472-lunnaya-fortochka-vo-vselennuyu/>. [Дата обращения: 03 Ноября 2022]

2. Андреев Алексей Из кратера все видно [В Интернете] // Стимул. — 13 Май 2020 г. — 03.11.2022 г. — <https://stimul.online/articles/science-and-technology/iz-kratera-vse-vidno/> [Дата обращения: 03 Ноября 2022]

3. Bandyopadhyay Saptarshi Lunar Crater Radio Telescope (LCRT) on the Far-Side of the Moon [В Интернете] // NASA.gov. — 07 Апрель 2020 г. — [https://www.nasa.gov/directorates/spacetechniac/2020\\_Phase\\_I\\_Phase\\_II/lunar\\_crater\\_radio\\_telemcope/](https://www.nasa.gov/directorates/spacetechniac/2020_Phase_I_Phase_II/lunar_crater_radio_telemcope/). [Дата обращения: 03 Ноября 2022]

### **Исследование способов оперативного изменения режима наблюдения космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли**

Буксар М.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ермолаев В.И.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Существующий подход к созданию систем оперативного мониторинга, предназначенных для информационного обеспечения заданных районов земной поверхности, например, районов природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, предусматривает использование орбитальных группировок с большим количеством

космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1]. Это обусловлено большой периодичностью повторного наблюдения земной поверхности одним КА, составляющей 3...6 суток в зависимости от параметров орбиты. Однако наращивание количества КА в составе орбитальной группировки требует существенных экономических затрат.

С целью снижения экономических затрат и повышения оперативности наблюдения заданных районов земной поверхности авторами предложено использовать маневренные КА ДЗЗ [1, 2]. Для таких КА разработан двухрежимный способ наблюдения, включающий режим глобального наблюдения и режим регионального наблюдения. Первый режим предполагает использование орбит глобального наблюдения (ОГН) и позволяет проводить глобальный обзор земной поверхности с большой периодичностью. Второй режим основан на использовании орбит регионального наблюдения (ОРН) и обеспечивает малую периодичность наблюдения ограниченной части земной поверхности.

При изменении режима наблюдения для получения требуемой трассы необходимо осуществлять перелеты с ОГН в определенную точку на ОРН. При этом время перелета ограничено временами совмещения заданного региона наблюдения с плоскостью ОРН. В связи с этим возникает актуальная задача определения способов оперативного изменения режима наблюдения, т.е. оперативного перелета с ОГН в требуемую рабочую точку на ОРН за ограниченное время.

Целями проведенных исследований являлись определение альтернативных способов оперативного изменения режима наблюдения, разработка математических моделей и определение областей рационального использования предложенных способов.

В результате проведенных исследований установлено, что альтернативными способами оперативного изменения режима наблюдения являются:

- Перелет по гомановской схеме с фазированием на ОГН;
- Перелет по биэллиптическим схемам с внутренним или внешним фазированием;
- Перелет по схеме с неапсидальным активным участком с фазированием на ОГН.

Разработаны математические модели способов перелета, проведено исследование способов оперативного изменения режима наблюдения, получены значения временных затрат и затрат характеристической скорости на изменение режима наблюдения.

Расчеты проводились для ОГН высотой 621,7 км и ОРН высотой 561,4 км. Данные орбиты являются наиболее предпочтительными при больших сроках активного существования КА ДЗЗ [1]. Области рационального использования предложенных способов определялись по критерию минимизации затрат ХС при ограничении на время изменения режима наблюдения, которое было принято равным 0,5 суток.

В результате исследований были сделаны следующие выводы:

1. Время изменения режима наблюдения зависит от угла смещения радиуса-вектора КА относительно радиуса-вектора требуемой рабочей точки на ОРН и в основном определяется временем фазирования для обеспечения приемлемых по энергозатратам способов перелета.

2. Минимальные энергозатраты на перелет с ОГН в требуемую точку на ОРН обеспечивает гомановская схема перелета с фазированием на ОГН. Данный способ является оптимальным в диапазоне углов смещения  $0,5^\circ \dots 35^\circ$ .

3. Перелет по схеме с неапсидальным активным участком с фазированием на ОГН позволяет осуществить изменение режима наблюдения в области малых углов смещения  $0^\circ \dots 0,5^\circ$ . Однако данный способ требует значительных затрат характеристической скорости.

4. Использование биэллиптической схемы перелета с внешним или внутренним фазированием позволяет существенно снизить время фазирования при больших углах смещения за счет увеличения разности угловых скоростей между ОРН и орбитой фазирования. В диапазоне углов смещения от  $35^\circ$  до  $120^\circ$  необходимо использовать внешнее фазирование, которое обеспечивает уменьшение угла смещения до требуемой величины. В диапазоне углов смещения  $120 \dots 360^\circ$  предпочтительным является внутреннее фазирование, которое обеспечивает увеличение угла смещения до величины, необходимой

для перелета. При этом перелеты на внешнюю или внутреннюю орбиты фазирования требуют дополнительных затрат по сравнению с гомановской схемой с фазированием на ОГН.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект «Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», № FZWF-2020-0015).

Список используемых источников:

1. Цируль Д.Г., Ермолаев В.И. Двухрежимный способ наблюдения земной поверхности и анализ возможности его применения при функционировании космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Вестник СибГАУ. Том 18, № 1., 2017, с.176-186.

2. Способ наблюдения земной поверхности из космоса: пат. 2670081 Российская Федерация. № 2016112816 / Ермолаев В.И., Цируль Д.Г. ; заявл. 04.04.2016 ; опубл. 17.10.2018 ; Бюл. № 29.

### **Изучение проблематики обработки информации по дистанционному зондированию Земли**

Воронин С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Блатиков Г.А.

МАИ, Москва

Дистанционное зондирование Земли — наблюдение поверхности планеты наземными, авиационными и космическими аппаратами, оборудованными разнообразными типами съемочной техники. Актуальность задач, которые решаются подобным способом, обусловлена все более широким использованием дистанционных методов в следующих сферах:

- Наблюдение и оценка состояния окружающей среды (изучение развития инфраструктуры города, надзор за опасными промышленными отходами);
- Мониторинг глобальных изменений (глобальное потепление, разрушение озонового слоя, исчезновение лесов);
- Сельское хозяйство (исследование состояния посевов, прогнозирование урожая, анализ почвенной эрозии) и прочие.

В качестве информационного источника для мониторинга природной среды при дистанционном зондировании выступают аэрокосмические данные. Их надлежащее применение возможно только при использовании современных информационных технологий, которые обеспечивают автоматический сбор, обработку и архивирование данных. Кроме того, мониторинг описанными методами предполагает возможность оперативного доступа к аэрокосмической информации в дистанционном режиме и ее использование с целью обеспечения устойчивого функционирования социальных-значимых структур.

Обработка первичных данных дистанционного зондирования Земли — высокотехнологический процесс, базирующийся на многолетнем опыте передовых ученых и инженеров. Исследование проблематики обработки данных позволит увеличить качество изображений и, как следствие, эффективность целевого применения полученных данных.

Список используемых источников:

1. Коберниченко В.Г., Иванов О.Ю., Зраенко С.М. Обработка данных дистанционного зондирования Земли: практические аспекты. — Екб.: Изд-во Урал. ун-та, 2013. — 168 с.

2. Бакаев В.В. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия. — М: Машиностроение — 1, 2005. — 624 с.

3. Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие. — Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. — 165 с.

4. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. — М.: Логос, 2001. — 264 с.

## Анализ эффективности старта РН с самолёта-космодрома

Демидова А.А., Рыкалин А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гофин М.Я.

МАИ, Москва

Идея запуска ракет-носителей (РН) с самолёта-космодрома (воздушный старт) не нова, и первым проектом, основанным на использовании этой системы, является немецкий «Зенгер». Впоследствии первые разработки в данной области принадлежат американцам и датируются 1958 годом.

Далее и США, и СССР продолжали работы в сфере воздушного старта, о чём говорит заслуживающий внимания советский проект «Спираль», который впоследствии стал основой разработки авиационно-космических систем (АКС) «Буран» и «МАКС». Однако данные проекты не возымели своего логического продолжения.

Несмотря на приостановление развития этого направления в России на данный момент, запуск ракет посредством системы воздушного старта имеет ряд весомых преимуществ над наземными запусками, что даёт возможность рассматривать данный способ как перспективный. К преимуществам относятся:

- Многоразовость, что способствует снижению экономических затрат на изготовление первой ступени РН;
- Широкий выбор района запуска, что позволяет выводить ПН на различные орбиты при меньших энергетических затратах;
- Перспективы использования для различных космических программ (двух-, трёхступенчатая схема);
- Снижение риска возникновения катастроф и экологических загрязнений вследствие отказа от первой ступени (т.к. большинство катастроф происходит на этапе работы первой ступени);

- Независимость от других государств при проведении запусков.

Несмотря на существующие преимущества воздушного старта РН, имеется ряд сложностей в реализации данного проекта:

- Выбор РН и самолёта-космодрома с определением возможности существования данной системы/условий совместной работы;
- Выбор оптимального района базирования на основании наиболее эффективных траекторий полёта и запуска;
- Обеспечение надёжности РН в момент отстыковки от самолёта и её переориентации;
- Интеграция системы воздушного старта в современные космические программы.

В настоящей работе рассмотрены вышеперечисленные сложности и предложены пути их возможного решения; проанализированы существующие варианты отделения РН от самолёта-космодрома: для наиболее оптимального способа проведён оценочный расчёт массовых показателей, характеризующих эффективность запуска РН с помощью системы воздушного старта. Выявлен выигрыш в стоимости одного килограмма полезного груза в сравнении с запуском с космодрома «Восточный» РН «Союз-2.1а». Расчёты проводились для предлагаемых ЛА: самолёт-носитель Ан-124-100 «Руслан» + РН «Союз-2.1а», причём взлёт самолёта предлагается осуществлять с аэродрома космодрома «Восточный» (ввиду ряда причин, связанных с месторасположением и государственной независимостью пусков), оснащённого ВПП необходимого класса.

Таким образом, приведённые в работе оценочные расчёты и подчёркнутые преимущества системы воздушного старта позволяют сделать выводы об экономической целесообразности использования данного способа запуска РН, о возможности минимизации основных технических сложностей способа, а также о перспективности развития системы. В частности, когда система покажет свою оправданность на практике, она может использоваться также и для запуска РН по двухступенчатой схеме, но с предшествующим этому созданию новых ЛА с большей массой ПН.

Список используемых источников:

1. Авиационно-космические системы: Сборник статей под редакцией Г. Е. Лозино-Лозинского и А. Г. Братухина. — М.: Изд-во МАИ, 1997. — 416 с.
2. Самарцева С. И., Болтянский И. М., Кольга В. В. Расчет транспортно-пускового контейнера системы воздушного старта ракеты-носителя // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2020. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-transportno-puskovogo-konteynera-sistemy-vozdushnogo-starta-rakety-nositelya> (дата обращения: 03.02.2023).
3. Роскосмос. Ракета-носитель «Союз-2.1а» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/36315/> (дата обращения: 15.01.2023).

## **Исследование вопросов совершенствования работы приборов и устройств систем управления ракет космического назначения**

Дубровин И.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.  
МАИ, Москва

Системы управления являются обязательными элементами ракет космического назначения. Естественной тенденцией является стремление совершенствования как всей конструкции ракеты в целом, так и отдельных приборов и устройств, в частности принадлежащих системам управления. Решение этой проблемы позволяет повысить эффективность работы систем управления.

В работе рассмотрены системы управления и их основные элементы. Произведён обзор используемых систем управления по характеру траектории (среди систем с жёстким программным и гибким терминальным управлением), произведено рассмотрение основных составных частей систем управления и выбраны основные элементы систем управления, требующие усовершенствования (гироскопы, входящие в состав командных приборов, а также бортовая цифровая вычислительная машина). После чего был произведён поиск и анализ возможностей усовершенствования требующих улучшения элементов систем управления — были предложены меры по повышению точности управления, надёжности, оперативности работы приборов и устройств в составе систем управления.

Проделанная работа позволит в дальнейшем выработать методику усовершенствования приборов и устройств систем управления, подходы к проведению их оптимизации. Результат работ подтверждает наличия возможности дальнейшего усовершенствования приборов систем управления в будущих проектах, что позволит произвести улучшение массогабаритных характеристик ракет-носителей, уменьшить занимаемый объём и повысить энергоэффективность систем управления и ракет-космического назначения в целом.

Список используемых источников:

1. Аверьянов А.П., Азаренко Л.Г. и др. Введение в ракетно-космическую технику: учеб. пособие. Т.1: Общие сведения. Космодромы. Наземные средства контроля и управления ракетами и космическими аппаратами. Ракеты. — М.: Инфра-Инженерия, 2018. — 378 с.
2. Давыдов И.Е. Системы управления ЛА. — Самара: СГАУ им. С.П. Королева, 2013. — 53 с.
3. Матвеев В.А. Гироскоп — это просто. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 191 с.

## **Зависимость грузоподъемности транспортно-установочного агрегата ракеты-носителя от расположения гидроцилиндра подъема**

Кожевникова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Маштаков А.П.  
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Установка ракеты-носителя на пусковой стол является немаловажным и неотъемлемым процессом перед стартом. Из-за больших масс и габаритов ракет-носителей в качестве привода подъема используется гидравлический привод, где исполнительным органом

выступает гидроцилиндр подъема. На шток гидроцилиндра действует большая нагрузка. Поэтому важно подобрать кинематическую схему для достижения большой грузоподъемности.

В патенте [1] представлена классическая кинематическая схема, которая снабжена толкающим гидроцилиндром и поворотной стрелой. Устройство подъема имеет некоторую особенность: для обеспечения автоматизированного пуска ракет-носителей в предложенном устройстве для подъема и удержания установщика с ракетой-носителем в вертикальном положении рама выполнена в виде основания, скрепленного с бетонным стартовым сооружением. Данный способ подъема реализован на ракете-носителе «Протон-М».

Близкий по кинематической схеме представлен патент [2]. Рама транспортно-установочного агрегата располагается на бетонном основании. Предлагаемое устройство предназначено для крепления ракеты-носителя «Аврора», «Союз» и «Прогресс».

В патенте [3] реализована совершенно отличающаяся от предыдущих компоновка. В транспортно-установочном агрегате, содержащем раму с ракетой, подвижную платформу с опорами для закрепления ее на фундаменте, стрелу с опорными устройствами, шарнирно соединенную с платформой, гидроцилиндры, расположенные попарно с обеих сторон стрелы, на платформе с обеих сторон стрелы шарнирно закреплены рычаги, сочлененные через нижние гидроцилиндры с платформой, а через верхние гидроцилиндры с выдвинутыми штоками — с продольными балками стрелы. Таким образом, данная компоновка позволяет увеличить грузоподъемность. Наиболее близкая схема транспортно-установочного агрегата реализована для ракет-носителей «Зенит» и «Ангара 1.2».

Кинематическая схема, представленная в патенте [4], относится агрегатам для установки длинномерных объектов. Отличительной особенностью является горизонтальное расположение гидроцилиндра, а также наличие полиспастной системы для обеспечения снижения энергозатрат по подъему объекта.

На основании полученной информации о видах подъема ракет-носителей создаются три вида кинематических схем для одного объекта и рассчитываются нагрузки на силовой элемент. При анализе результатов оценивается грузоподъемность, выявляются преимущества и недостатки каждой их схем.

Список используемых источников:

1. Патент № 2 477 247, В64G 5/00(2006.01), F41F 3/04(2006.01). устройство для подъема и удержания установщика с ракетой-носителем на пусковом столе в вертикальном положении.
2. Патент № 2 258 666, МПК В66F 11/00(2006.01), В64G 5/00(2006.01), В66С 1/42(2006.01). Устройство для крепления ракеты-носителя на опорных ложементх грузоподъемной стрелы транспортно-установочного агрегата.
3. Патент № 2 456 218, МПК В64G 5/00. транспортно-установочный агрегат универсального стартового комплекса ракет космического назначения.
4. Патент № 2 052 056, МПК В66F 9/04 (2006.01), F15B 9/00 (2006.01). Агрегат для установки длинномерных объектов в вертикальное положение.

## **Применение информационно-справочной системы для анализа запусков и тенденций развития космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в мире за 2022 год**

Маносьева Е.А., Козлова Д.С.

Научный руководитель — к.т.н. Кучейко А.А.

МАИ, Москва

За последние несколько лет можно отследить тенденцию быстрого развития отрасли дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Ее можно считать катализатором развития наук о Земле, многих отраслей экономики, образования и военного дела. Изучение тенденций в отрасли ДЗЗ и изменения состава орбитальных группировок космических аппаратов ДЗЗ является актуальной задачей.

Для задач анализа итогов запуска космических аппаратов ДЗЗ в 2022 году была использована информационно-аналитическая система (ИАС) КА ДЗЗ. Благодаря ей можно наглядно представить данные запущенных спутников, их основные характеристики, а также своевременно выявлять тенденции в развитии аппаратуры спутников для ДЗЗ и определять приоритетные задачи национальных программ по ДЗЗ. Основываясь на выявлении ежегодных изменений в группировках спутников разных стран.

С помощью полученных ИАС данных установлено, что 2022 год стал рекордным по общему числу запущенных КА ДЗЗ во всем мире (224 против 153 в 2021) по всем трем весовым категориям: нано- (менее 10 кг), микро- (10...100 кг), а также мини- и более крупные КА (более 100 кг).

Предложенная ИАС показывает, что беспрецедентным лидером по запускам в 2022 году в категории: «Крупногабаритные спутники ДЗЗ массой от 100 кг», как и в 2021 остается Китай — 26 спутников из 46 запущенных (в 2021 году — 21 запуск), существенно опережая другие страны-лидеры, например, США, у которых по 6 запусков в 2022 и 2021 году.

В категории: «Микроспутники массой от 10 до 100 кг» лидирующую позицию у США (11 КА — в 2021 году и 5 — в 2022 г.) вырвал Китай — 59 КА были запущены в 2022 году из общего числа 96. Второе место занимает Аргентина (9 КА), и третье — Финляндия (7 микроспутников). Рост запусков КА ДЗЗ во второй категории связан с созданием многоспутниковых группировок коммерческих операторов Китая, Аргентины и Финляндии. Китайская компания Chang Guang создала на орбите крупнейшую в мире систему из >100 КА ДЗЗ с аппаратурой высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

В категории: «Наноспутники массой до 10 кг» с большим отрывом продолжает лидировать США — 51 наноспутник в 2021 году и 49 наноспутников в 2022 году, что достигается благодаря усилиям по поддержанию в работоспособном состоянии системы наноспутников Planet (150+ КА). На втором месте находится Россия, запустившая 10 образовательных кубсатов с камерами ДЗЗ.

Основной аппаратурой дистанционного зондирования новых КА остаются мультиспектральные и гиперспектральные оптико-электронные системы. Отмечено рекордное увеличение запусков КА с радиолокаторами с синтезированием апертуры антенны (РСА) — 27 КА. В течение 2022 года наращивали группировки систем КА с РСА операторы из Китая (10), Финляндии (7), США (4), Японии (2) и других стран.

Анализ вышеуказанных итогов 2022 года показывает, что в соперничестве с США Китай опережает в категориях микро- и крупноразмерных спутников. США сохраняет лидерство в запусках наноспутников массой до 10 кг.

Практической значимостью предлагаемой ИАС можно считать возможность определения наиболее востребованных сегментов рынка данных ДЗЗ и типов съёмочной аппаратуры, на которых концентрируют усилия ведущие космические державы и компании-лидеры разработки аппаратуры ДЗЗ. Помимо этого, она помогает выявлять потенциальные рынки для создания национальных систем ДЗЗ в сотрудничестве с Россией.

Все запущенные КА ДЗЗ были классифицированы по назначению, государственной принадлежности, операторам, по орбитальным и массогабаритным параметрам, характеристикам съёмочной аппаратуры ДЗЗ.

Разработанная ИАС предоставляет возможность провести анализ состояния отрасли ДЗЗ на основе наиболее объективных показателей (числа и параметров запускаемых спутников со съёмочной аппаратурой) и найти применение в прогнозировании тенденций развития, анализе рыночного спроса, разработки маркетинговой стратегии и решении других задач.

Список используемых источников:

1. Космическая страница Гюнтера URL: [https://space.skyrocket.de/doc\\_chf/lau2022.htm](https://space.skyrocket.de/doc_chf/lau2022.htm)
2. N2YO URL: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=52762>
3. Открытая энциклопедия ракето-космической техники ECORUSPACE URL: <https://www.ecoruspace.me/>
4. Nanosats Database URL: <https://www.nanosats.eu/>

## **Тенденции развития и перспективы ракетно-космической техники**

Нагорная Д.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ковалевич М.В.

МАИ, Москва

Ракетно-промышленная отрасль играет ведущую роль в освоении и использовании космического пространства, как для России, так и для других промышленно развитых стран. Благодаря космическим технологиям можно гарантировать превосходство в научных, военных, политических и экономических сферах [1].

Использование полученных результатов по запускам космических аппаратов позволяют повысить качество и уровень реализации будущих проектов [2].

Сбор, систематизация и анализ данных о запусках ракет-носителей, в том числе учет неудачных результатов, позволяет определить тенденции в развитии отрасли, а также спрогнозировать направления развития, что в свою очередь, позволит сосредотачивать усилия в наиболее перспективных и полезных областях ракетно-космической техники.

Целью работы является установление тенденций развития ракетно-космической отрасли как для России, так и для всего мира. Для достижения поставленной цели, в исследовании взят период космических запусков, совершенных с 2000 по 2022 год в странах, которые уже долгое время являются космическими державами и которые только вступают в клуб космических держав. При изучении космических запусков учитывалось не только их количество, но также тип и назначение выводимого полезного груза, его масса и класс используемых для вывода ракет-носителей.

Структурированные данные были сопоставлены и проведен анализ, на основании которого установлены общемировые тенденции развития ракетно-космической отрасли и выявлены перспективы развития ракет космического назначения.

Список используемых источников:

1. Архипова Т.В. МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ В КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2020. — № 10-3. — С. 263-268;

2. Ромашов А. Стратегии развития научно-производственных предприятий аэрокосмического комплекса: Инновационный путь : Изд. «Альпина Паблишерз», Москва, 2012 — 37 с.

## **Утилизация космического мусора с помощью ионного луча**

Перимбаева Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Одним из немаловажных отрицательных последствий развития космонавтики является техногенное загрязнение околоземного космического пространства (ОКП). Оставшиеся на орбите неработающие спутники, верхние ступени ракет-носителей, фрагменты, образующиеся при их распаде и столкновениях, и другие подобные им объекты — все это образует космический мусор (КМ). КМ представляет опасность для функционирующих космических аппаратов (КА). Столкновение с КМ может привести к повреждению систем КА и даже его полному уничтожению. Кроме того, существует также угроза падения на Землю крупных техногенных объектов.

Количество опасных объектов в ОКП измеряется уже миллионами и постоянно увеличивается. Причем не всегда это увеличение происходит постепенно. Такие события как намеренное разрушение Китаем китайского КА Fengyun-1C и столкновение спутников «Космос-2251» и «Iridium-33» привели к резкому скачку числа объектов КМ. По данным ГК «Роскосмос» частота разрушений КА составляет не менее одного случая в год.

На основании всего вышесказанного встает необходимость создания системы для борьбы с КМ, целью которой является удаление из зоны рабочих КА в первую очередь крупных объектов КМ, т. к. именно они представляют наибольшую опасность.

Одним из вариантов механизма для удаления крупного КМ является использование ионного луча. Основной принцип системы увода заключается в использовании потока ионов в качестве средства, передающего силовой импульс. Внедряющиеся в материал уводимого объекта ионы полностью передают свой импульс так же, как и отраженные ионы.

Данный механизм позволяет бесконтактно уводить КМ с орбиты, что сводит на нет риск, связанный с прямым взаимодействием КА с объектом КМ. Также передаваемый импульс не зависит от формы и собственного движения объекта.

В качестве источника ионного луча рассматривается ионный двигатель. За счет высокого удельного импульса двигателей данного типа КА может быть использован многократно. Также следует отметить, что ионные двигатели уже прошли испытания в космосе и используются в данный момент для многих миссий.

Список используемых источников:

1. Шустов Б. М. О фундаментальных исследованиях по проблеме космического мусора / Б. М. Шустов // Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы. — Москва: ИКИ РАН, 2019

2. В. Ю. Ключников Как очистить околоземное пространство от космического мусора? // Воздушно-космическая сфера. — 2019. — №1

3. К. Бомбарделли, А. П. Алпатов, А. В. Пироженок, Е. Ю. Баранов, Г. Г. Осинский, А. Е. Закржевский Проект «космического пастуха» с ионным лучом. Идеи и задачи // Космічна наука і технологія. — 2014. — №2

### **Исследование массо-энергетических характеристик транспортировки радиоактивных отходов в режиме «самодоставка»**

Простодушев А.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Онуфриев В.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

За все время работы ядерных реакторов было произведено 370 тысяч тонн отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Большую часть из этой массы отходов возможно использовать повторно, однако до сих пор отсутствует надежное техническое решение проблемы изоляции или переработки особо опасных радиоактивных отходов (РАО). По оценкам общая масса особо опасных РАО в мире не превышает 200 тонн, а их ежегодный прирост составляет до 20 тонн [1, 2]. При таких масштабах актуальным становится вопрос о возможности космического захоронения данных отходов.

Цель работы — исследовать вариант космического захоронения РАО, при котором РАО выступают в роли источника первичной тепловой энергии для энергодвигательной установки (ЭДУ) (режим «самодоставка») с термоэлектрическим генератором (ТЭГ).

Задачи:

- Оценить удельное тепловыделение РАО, необходимое для их эффективного захоронения в режиме «самодоставка»;
- На основе данной оценки выбрать наиболее перспективные изотопы РАО для осуществления захоронения в режиме «самодоставка»;
- Определить массовую долю выбранных изотопов РАО в КА, работающем в режиме «самодоставка»;
- Определить оптимальное значение удельного импульса КА в режиме «самодоставка»;
- Сравнить эффективность космического захоронения РАО в режиме «самодоставка» с космическим захоронением РАО при помощи КА с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ).

В работе рассматривалось космическое захоронение отходов с характерным временем выполнения полетного задания 1,5, 2, 2,5 лет и характеристической скоростью КА 10 и 20 км/с.

Исходя из требований обеспечения относительной массы РАО в КА равной 0,2 – 0,3 было получено, что необходимое удельное тепловыделение транспортируемого изотопа в

режиме «самодоставка» находится в диапазоне от 0,1 до 3 Вт/г. Тепловыделение меньше 0,1 Вт/г не позволяет обеспечить необходимую электрическую мощность ЭДУ. Превышение 3 Вт/г ведет к снижению относительной массы РАО в КА из-за необходимости существенного увеличения массы холодильника излучателя.

Изменение тепловой мощности РАО связано с законом радиоактивного распада. С учетом данного фактора и исходя из требований удельного тепловыделения, наиболее перспективными изотопами для космического захоронения в режиме «самодоставка», содержащимися в ОЯТ реактора ВВЭР-1000 [3], являются  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ .

Исходя из модели предложенной в [4], для выбранных изотопов в рассматриваемом интервале времени выполнения полетного задания и характеристической скорости были рассчитаны доли РАО в КА в режиме «самодоставка». В качестве преобразователя тепловой энергии рассматривался ТЭГ с коэффициентом полезного действия (КПД) 10 и 5%. В результате расчета рассматриваемые изотопы способны обеспечить массовую долю РАО в КА до 0,26 при КПД ТЭГ 10% и, до 0,22 при КПД ТЭГ 5% с характеристической скоростью КА 10 км/с. При повышении характеристической скорости до 20 км/с изотопы  $^{154}\text{Eu}$  и  $^{238}\text{Pu}$  обеспечивают массовую долю РАО, равную 0,13 при КПД ТЭГ 10%.

Оптимальное значение удельного импульса прямо пропорционально зависит от удельного тепловыделения транспортируемого изотопа. Оптимальный диапазон удельного импульса для КА в режиме «самодоставка» для наиболее изотопов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  составляет 70 — 90 км/с при КПД ТЭГ 10% и 30 — 50 км/с при КПД ТЭГ 5% с характеристической скоростью 10 км/с.

Расчеты показывают, что вариант с использованием тепла РАО в качестве источника первичной тепловой энергии ЭРДУ может быть предпочтительнее традиционной полностью скомпонованной ЭДУ [4] в случае использования традиционной ЭДУ типа «Топаз» с удельной массой 0,1 кг/Вт. Для отдельных изотопов ( $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) относительное увеличение полезной нагрузки по сравнению с классическим вариантом ЭДУ составляет до 44%. Усредненное по всем изотопам увеличение относительной доли РАО в КА составило — 14%.

Список используемых источников:

1. Status and Trends in Spent Fuel and Radioactive Waste Management // IAEA Nuclear Energy Series No. — 2018. — №NW-T-1.14 (Rev. 1). — 74 с.
2. Семенов Ю.П., Филин В.М., Соколов Б.А. и др. О космическом захоронении особо опасных радиоактивных отходов атомной энергетики // Изв. РАН. Серия Энергетика. 2003. №3. с. 6–14.
3. Отработавшее ядерное топливо тепловых реакторов [Электронный ресурс] // nuclphys.sinp.msu.ru URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ne/ne3.htm#>: (дата обращения: 10.12.2022).
4. Онуфриев А.В., Дмитриев С.Н., Онуфриев В.В. Об особенностях транспортировки радиоактивных отходов на орбиты захоронения с помощью электроракетных двигательных установок // Известия академии наук. — 2011. — №3 Энергетика. — с. 129-138.

## **Системный анализ ремонтно-дозаправочной системы Российской орбитальной станции, как этап внешнего проектирования КА**

Прошкова Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

За более чем 60 лет полётов в космическое пространство были запущены множество спутников, несколько сотен космонавтов, созданы космические аппараты для полётов на Луну и Марс, астероиды и кометы. Такой короткий срок и большое количество достижений.

Однако ещё множество миссий и задач не решено. Одной из таких задач является полёт в дальний космос. Опорной точкой для осуществления таких полётов может быть ремонтно-дозаправочная система на базе Российской орбитальной станции.

В проектировании, разработке и создании одной системы орбитальной станции могут быть задействованы тысячи сотрудников различных специализаций. Поэтому постановка задачи проектирования является важной и весьма наукоёмкой задачей.

Проведение системного анализа основывалось на методе ограниченных параметров. Для определения параметров был произведён анализ всех служебных систем ремонтного модуля и выделены наиболее влияющие при проектировании каждой системы показатели, от массы до площадей крепления.

Космическое пространство является весьма трудной средой обитания для человека, поэтому для постановки задачи проектирования необходимо учитывать воздействие внешних факторов. Так как ремонтный модуль предназначен для нахождения там человека, то одним из главных факторов проектирования является надёжность ремонтного модуля при эксплуатации в течении заданного времени. Также накладываются экономические требования ведь каждый старт ракета-носителя несёт с собой существенные затраты. Обеспечение прочности конструкции также является важным фактором особенно в условие минимизации массы [1].

Параметры управления, зависящие от разработчика, можно выделить из ранее проведенного анализа служебных систем. На данный момент модуль располагает 11 системами в каждой из которой выделяются как минимум 5 основных показателей.

Задача проектирования формулируется как минимизирование стоимости на проект в рамках оптимизации энергопотребления модуля. Энергопотребление, включает в себя такие параметры как мощность, время работы, коэффициент нагрузки. Все эти параметры должны удовлетворять заданным показателям, зависящие от внешних факторов и решения разработчика. Для более наглядного представления был разработан алгоритм решения проектной задачи. От системного анализа до утилизации.

Итогом анализа являются полученные данные и параметры задачи проектирования на базе, которых формируется дальнейшее внешнее и внутреннее проектирование ремонтного модуля.

Список используемых источников:

1. Андреев А.Н., Алифанов О.М., Гушин В.Н., Золотов А.А., Матвеев Ю.А., Перельгин Б.П., Хохулин В.С. Баллистические ракеты и ракета-носители Москва: Дрофа, 2004, 512 стр.

## **Применение технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для обеспечения и мониторинга экологической безопасности аэропортов**

Ростомян А.А., Еленин М.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Кучейко А.А.

МАИ, Москва

Невозможно представить современный мир без транспорта. Крупные транспортные узлы открывают массу возможностей для человечества, но оказывают резко негативное влияние на окружающую среду. Это влияние может выражаться в различных загрязнениях.

Важно понимать, что в ближайшее время невозможно будет отказаться от привычных технологических процессов в логистике. Поэтому, обеспечение экологической безопасности таких зон является одной из приоритетных задач.

С учетом современного технологического прогресса, а именно использования специального оборудования для мониторинга и контроля, таких как ДЗЗ (дистанционное зондирование земли) имеется возможность облегчить процессы по сохранению природного баланса транспортных узлов.

В данной работе будут рассмотрены перспективы этих процессов на примере аэропортов. Ни для кого не секрет, что авиация не является экологически чистым видом

транспорта, а аэропорты обычно считаются зоной с неблагоприятными экологическими условиями.

Можно выделить несколько направлений, в которых использование ДЗЗ будет наиболее эффективным. К ним относятся:

-мониторинг местности на наличие мусорных свалок. Это поможет повысить безопасность полета, исключая орнитологические проблемы со взлетом и посадкой;

-контроль и сбор данных о строительстве инфраструктуры аэропорта. В данном вопросе будет актуально использование ДЗЗ в качестве показателя количества застройки, нарушений маршрутов миграции животных, разливу каких-либо жидкостей в районе строительства и лесовырубки, сопутствующей выделению местности под новые стройплощадки;

-заключения пригодности использования ВПП в сейсмоопасных районах. Благодаря большой площади снимка будет возможно оперативно отслеживать просадки грунта при сейсмической активности, а также наличие зарождающихся разломов, пересекающих площадь ВПП;

-мониторинг светового загрязнения от инфраструктуры и транспорта аэропорта. Благодаря ночным спутниковым снимкам, возможно увидеть картину светового загрязнения целиком, что непосредственно влияет и на животных, и на жилую застройку вблизи аэропорта.

Таким образом, благодаря предложенному способу мониторинга аэропорта, можно эффективно решать поставленные задачи в рамках эксплуатации и своде информации о транспортном узле в целом.

Результатами нашей работы стали снимки аэропортов, полученные со спутников, и с помощью них был проведён анализ аэропортов для дальнейшего улучшения экологии.

Список используемых источников:

1. Орнитологическое обеспечение безопасности полетов. Изд. «Воздушный транспорт», г. Москва, 1984 г. / Рогачев А.И., Лебедев А.М.;

2. Управление деятельностью аэропорта : учебное пособие / Л. П. Волкова.

## **Космический аппарат по добыче гелия-3 на Луне**

Сахаров Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В наше время остро стоит вопрос возвращении человечества на естественный спутник Земли, и использовании его в дальнейшем развитии цивилизации. Одной из наиболее вероятных и приемлемых задач для осуществления на поверхности Луны является добыча гелия-3 и доставка на Землю для использования в термоядерных реакциях. Данный изотоп гелия редко встречается на поверхности Земли, но так как у Луны практически отсутствуют магнитосфера и атмосфера, на поверхности, в результате воздействия солнечного ветра, количество атомов данного изотопа гораздо выше.

В качестве исследования такой возможности в ближайшие 30 лет спроектирована миссия по запуску аппарата добычи переработки и хранения гелия-3, а также доставки его на Землю.

В ходе анализа возможного решения данной задачи были поставлены и решены следующие цели:

- Проведён анализ физической среды, в которой будет работать космический аппарат
- Концептуально спроектирован модуль добычи, переработки и хранения гелия-3
- Исследована возможность использования проектируемых космических аппаратов: космический корабль «Орёл», ракета-носитель «Ангара-А5» и транспортно-энергетический модуль «Зевс»

- Сформирован сценарий работы для успешного выполнения задачи
- Сформулирован список требуемых функций каждого из модулей
- Сформулирован перечень инструментов для выполнения каждой функции
- Сформулирована общая последовательность доставки модулей на поверхность Луны

- Проанализирован список потенциальных заинтересованных участников программы
- Оценена стоимость программы

На основании анализа вышеперечисленных задач была произведена оценка возможности существования данной миссии, с учётом ежегодного бюджета госкорпорации «Роскосмос» и периодом реализации в 20-30 лет, показавшая возможность существования данной миссии.

Список используемых источников:

1. Vaniman D, Reedy R, Heiken G, Mendell W и Olhoeft G, The lunar environment. In lunar sourcebook., Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1991, pp. 27-60.
2. «Луна — Википедия.» 13 09 2022. [В Интернете]. Available: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Луна>. [Дата обращения: 12.11.2022].
3. «Транспортно-энергетический модуль — Википедия.» Википедия, [В Интернете]. Available: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортно-энергетический\\_модуль](https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортно-энергетический_модуль). [Дата обращения: 15.11.2022].
4. ГКНПЦ имени М.В.Хруничева, «ГКНПЦ имени М.В.Хруничева | Семейство ракет-носителей «Ангара»,» ГКНПЦ имени М.В.Хруничева, [В Интернете]. Available: <http://www.khrunichev.ru/main.php?id=44>. [Дата обращения: 18.11.2022].

## **Анализ современных зарубежных разработок в области человеко-машинных интерфейсов для пилотируемых космических кораблей**

Сидорин К.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Зыков А.В.

ПАО РКК «Энергия», Королёв

При разработке новых методов и средств взаимодействия человека с компьютером важно следить за новыми тенденциями в сфере, оглядываясь не только на собственный опыт в разработке человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ), но и на достижения конкурентов.

Среди современных ЧМИ для пилотируемых космических кораблей наибольший интерес представляет пульт космонавта Crew Dragon. В то время как другие новейшие реализации (Orion, CST-100 Starliner) выполнены по большей части в традиционном виде, SpaceX при разработке своего пульта использует ряд технологий, до текущего момента не использованных в сфере взаимодействия космонавта с бортовыми системами.

Две характеристики, по которым пульт космонавта Crew Dragon существенно отличается от других реализаций ЧМИ на борту космических аппаратов, это:

- Способ взаимодействия экипажа с пультом
- Технология представления графических интерфейсов

Первый пункт интересен тем, что в случае с Crew Dragon для пульта космонавта впервые применяется сенсорный экран. Данная технология стремительно захватывает все больше и больше сфер, которые включают в себя взаимодействие человека с компьютером. Тачскрин доказал свою эффективность как со стороны пользователя, будучи интуитивно понятным способом управления, по удобству не уступающим мышью и клавиатуре, так и со стороны разработчика: ЧМИ на основе сенсорных экранов проще разрабатывать и поддерживать в будущем.

Однако стоит отметить, что пульт Crew Dragon не отошел полностью от управления посредством физических кнопок. Важные функции, как например действия при аварийных ситуациях, представлены рядом клавиш под дисплеями пульта.

Пульт космонавта работает в уникальных условиях, поэтому важно получить оценку нового способа управления. Космонавт Роберт Бенкен, принимавший участие в первом пилотируемом полете Crew Dragon, отметил, что на этапе стыковки ему требовалась большая концентрация при управлении с помощью сенсорной панели, чем при помощи традиционных средств. Преимущество сенсорного управления, на которое обратил внимание космонавт, заключается в плотном расположении элементов. Кнопки управления, показания — всё находится в пределах одной зоны видимости, не нужно переводить взгляд.

Компания SpaceX применяет современные технологии также и для программной реализации графических интерфейсов своих пультов. Основу UI пульты Crew Dragon составляет Chromium — веб-движок, лежащий в основе множества приложений и браузеров. Графические дисплеи пульты Crew Dragon по сути своей являются «веб-страницами», описанными на языке разметки HTML. Для описания логики работы используются вставки на языке JavaScript.

Для своей работы Chromium потребляет много вычислительных ресурсов. Соответственно и машина, на которой установлено программное обеспечение, использующее данный веб-движок, должна быть достаточно мощной, следовательно — более дорогой.

Существует решение, способное предоставить графический интерфейс, не уступающий реализации на веб-движке с использованием HTML, но при этом сильно выигрывающее по производительности, — QML. Это декларативный язык написания интерфейсов, разработанный сообществом Qt Project. Рендеринг QML-интерфейса работает по более простому алгоритму, чем отрисовка HTML-страницы. Отсюда — преимущество по скорости работы.

Недостаток QML в сравнении с HTML заключается в наличии специалистов по данным языкам. Найти HTML-разработчика гораздо проще, чем программиста, владеющего QML.

Таким образом, на основе опыта SpaceX можно сделать вывод, что технология сенсорного управления имеет место в космосе, но она не может стать полной заменой традиционным средствам управления. Что касается программной реализации пользовательского интерфейса, компания решила использовать самое распространенное на сегодня решение — веб-движок с использованием HTML, для работы с которым несложно найти специалистов. Однако остается открытым вопрос целесообразности использования данной технологии в аппаратуре пультов космонавтов, поскольку она требовательна к вычислительным ресурсам.

## **Анализ возможности промышленной добычи гелия-3 на Луне и синтез системы добычи**

Снигур А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Гелий-3 является перспективным энергоносителем для термоядерной энергетики в первую очередь благодаря безопасности реакции, а также благодаря возможному энерговыделению реакторов такого типа. Сама реакция термоядерного синтеза сейчас находится в активной стадии освоения и добыча топлива для данной технологии также становится актуально.

Запасы гелия-3 на Земле оцениваются в 35000 тонн [1], в то время как на Луне эти запасы, по сути, неограниченны из-за особенностей «выпадения» данного изотопа из космического пространства.

Принимая необходимость отказа от неэкологических источников энергии (уголь, нефть, газ) можно прийти к выводу, что в идеальной ситуации необходимо выйти на объем добычи в 10 тонн гелия-3 в год, что эквивалентно 1 млрд. тонн реголита в год [2, 3]. Для переработки такого объема реголита потребуется доставить на Луну крупные производительные мощности, синтез которых и планируется произвести.

В первую очередь синтезируемая система должна использовать как можно больше существующих агрегатов и аппаратов для удешевления миссии в целом. Принимая все вышеизложенное, составляем цели и функции системы, а также конкретизируем необходимые приборы, модули и аппараты. Получаем структуру системы, состоящей из печи для выделения гелия, станции сжижения гелия, стартовой установки для вывода гелия-3 на орбиту Луны, межорбитального буксира для обеспечения транспортной доступности, самосвалов для перевозки реголита, экскаваторов для погрузки и добычи реголита.

Проводя расчет необходимых нагревательных мощностей (нагреватель 75 кВт на одну печь), получили 2,2 млрд машинных часов в год, что эквивалентно работе 6 млн подобных печей. Расчетная масса одного блока печи составляет около 20 тонн; таким образом выводить на орбиту возможно по одному модулю печи за пуск. По очевидным причинам данное количество печей на Луну доставить невозможно. Таким образом данная концепция нецелесообразна. Предположим, что нагревательный элемент может выработать 5 МВт тепла (ядерный реактор ТЭМ «Зевс»), получим 90000 реакторов, что при нынешних объемах грузоперевозок потребует около 4000 лет на выведение.

Анализ системы показал, что при нынешних объемах доставки грузов на орбиту Земли (как следовательно на Луну), невозможно обеспечить промышленную добычу гелия-3 на Луне.

Список используемых источников:

1. D. L. Anderson, «Helium-3 from the Mantle: Primordial Signal or Cosmic Dust?», Science, т. 261, pp. 170-176, 1993.
2. В.В.Шевченко, Interviewee, АСТРОНОМ ВЛАДИСЛАВ ШЕВЧЕНКО: СОКРОВИЩА НЕДР ЛУНЫ. [Интервью]. 24 05 2020.
3. В.В.Шевченко, РИА Новости, РИА Новости, 2012.

## **Теория функциональных систем в ракетно-космической технике**

Соловьев Г.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гончар А.Г.

МАИ, Москва

В докладе представлены результаты предварительных исследований возможности применения научного подхода теории функциональных систем, выполненных автором, к процессам создания саморегулируемых сложных космических комплексов, адаптирующихся к изменяемым внешним воздействующим на них факторам.

Актуальность данной темы обусловлена рассмотрением возможности применения научного задела теории функциональных систем (далее — ТФС) для формирования новых методических подходов к проектированию и эксплуатации изделий и комплексов ракетно-космической техники, имеющих в своём составе системы автоматического и/или автоматизированного управления в условиях активного использования в сложной космической технике «умных» устройств, включая принципы «искусственного интеллекта».

Существенный вклад в формирование ТФС внёс академик Анохин П.К. и его ученики. Новые принципы в теорию были сформулированы доктором медицинских наук Судаковым К.В. [1, 2]. В настоящее время, ввиду активного развития интеллектуальных и информационных систем способных к приспособлению и саморегулированию, продолжаются работы по развитию данной теории.

Целью проводимых исследований является рассмотрение возможности применения методологии данной теории при проектировании космических и перспективных исследовательских комплексов, формирование предварительных критериев для оценки эффективности её применения и их анализ.

Объект исследований — процесс разработки и функционирования перспективной космической техники. Первостепенное внимание в исследованиях уделено вопросам организации состава лунной базы, с обеспечением её саморегулирования на основе принципов ТФС [3,4].

Научная новизна данного исследования состоит в:

- Проработке вопросов внедрения научного задела теории функциональных систем в верхние уровни процессов проектирования и эксплуатации комплексов ракетной техники;
- Рассмотрении возможности автоматической адаптации аппаратуры изделий под новые условия функционирования, а также внедрение моделей машинного обучения на основе ТФС в бортовые вычислительные комплексы перспективных аппаратов.

Основные выводы: применение ТФС в ракетно-космической технике может дать положительные эффекты. Для этого целесообразно продолжить работы, связанные с вопросами применения ТФС в процессах организации создания перспективной техники,

в том числе для реализации её основополагающих принципов, например, адаптации (самоорганизации) при изменении внешних воздействующих на неё факторов.

Список используемых источников:

1. Судаков К.В. Функциональные системы. — М.: Издательство РАМН, 2011. — 320 с.
2. Судаков К.В., Кузичев И.А., Николаев А.Б., Щелканов В.И. Эволюция терминологии и схем функциональных систем в научной школе П.К. Анохина. — М.: Европейские полиграфические системы, 2010. — 238 с.
3. Карфидов В.Ю. Космонавтика. Краткий справочник в 6-ти томах. Том 1. Космонавтика СССР и России. — Люберцы: Сам полиграфист, 2021. — 768 с.
4. Карфидов В.Ю. Космонавтика. Краткий справочник в 6-ти томах. Том 2. Космонавтика США и Европы. — Люберцы: Сам полиграфист, 2021. — 872 с.

## **О возможности применения открытых спутниковых радиолокационных изображений для контроля скоплений краснокнижных моржей на арктических островах**

Ткачук М.О., Литвинович Н.В., Светличная Е.В.  
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кучейко А.А.  
МАИ, Москва

На сегодняшний день данные дистанционного зондирования Земли активно используются в исследовательских и прикладных задачах. Так, спутниковые снимки оказались незаменимым инструментом для детектирования мест обитания и оценки численности популяции моржей, а также определения сроков формирования лежбищ и перемещения групп морских зверей на отдаленных островах в Арктике.

Крупные скопления моржей визуально отличаются от окружающих прибрежных объектов своим цветом и текстурой, благодаря чему оптические спутниковые снимки успешно используются для их обнаружения.

При малооблачной погоде в дневное время мониторинг крупных лежбищ моржей можно осуществлять с помощью открытых данных со спутников Sentinel-2, которые оснащены оптическими датчиками, работающими в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра. Однако плохие метеоусловия и недостаточная освещенность в Арктическом регионе очень часто препятствуют проведению систематических исследований лежбищ. Решением данной проблемы может стать использование радиолокационных изображений из космоса.

Взрослые тихоокеанские моржи имеют длину 2,3–3,6 м. Собираясь вместе на побережье арктических островов, они образуют крупные скопления на площади от сотен до десятков тысяч квадратных метров. Таким образом, лежбища моржей вызывают сильное обратное рассеяние при зондировании с помощью радара С-диапазона (например, со спутников Sentinel-1) с длиной волны 5,6 см. Песчаные, галечные или тундровые побережья лежбищ, а также преимущественно равнинный рельеф местности береговой зоны создают благоприятные условия для детектирования скоплений моржей на фоне радиолокационных сигналов, отраженных земной поверхностью.

Как показали проведенные исследования, на открытых радиолокационных изображениях (РЛИ) спутников Sentinel-1 (режим интерферометрический IW, продукт GRD, визуализация с сигналами вертикальной поляризации VV linear gamma0, а также при использовании комплексных синтезированных изображений SAR urban и RGB ratio) наблюдаются крупные лежбища моржей на тестовом острове с песчаным берегом. Наличие скоплений моржей подтверждается оптическими снимками КА Sentinel-2, полученными на одну и ту же дату или на соседние даты. Средние размеры лежбищ моржей на РЛИ меньше по площади, чем на оптических снимках.

Применение РЛИ позволяет увеличить период наблюдения за лежбищами в промежутки времени, когда оптическая съёмка прекращается из-за неблагоприятных условий и получить дополнительную информацию о местах обитания краснокнижных моржей в Арктике.

Список используемых источников:

1. А. Болтунов, Н. Евтушенко, А. Книжников, М. Пухова, В. Семёнова. Космические технологии для изучения и сохранения морских млекопитающих Арктики. Итоги пилотного проекта по отработке методики обнаружения моржей на космических снимках. Мурманск, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012. <https://elibrary.ru/item.asp?id=24889294>

2. Кучейко А.А., Мизин И.А., Лескова М.А., Глазов Д.М. Исследование характеристик крупных лежбищ атлантических моржей по спутниковым снимкам среднего разрешения на примере Больших Оранских островов в 2013-2020 гг. XVIII Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 16-20 ноября 2020 г. DOI 10.21046/18DZZconf-2020a. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=174&thesis=8486>

## **Анализ закономерностей развития ракет-носителей**

Туркина И.И., Волков К.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ненарокомов А.В.

МАИ, Москва

После стремительного развития ракетной техники в XX веке темп внедрения новых технических решений в конструкции ракет-носителей (РН) снизился. Это связано с достижением высоких энергетических характеристик жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Тем не менее, сегодня появляются новые задачи, которые требуют развития средств выведения космических аппаратов. Среди таких задач можно выделить следующие: увеличение массы полезной нагрузки, доставляемой на поверхность Луны и Марса, и увеличение числа запусков КА для расширения орбитальных группировок спутников связи.

Целью работы является выявление некоторых закономерностей развития ракет-носителей и анализ методов решения технических задач, которые возникали в процессе развития РН. Знание приёмов решения технических задач и понимание общих закономерностей развития техники позволяет определить направления дальнейшего развития РН, такие как увеличение массы полезной нагрузки и снижение стоимости её запуска.

В работе подробно рассмотрены способы разрешения технических противоречий. Например, уже в самом начале разработки ракетной техники инженеры сталкивались с ситуациями, когда необходимо удовлетворить конфликтующим требованиям: двигатели ракетного блока (РБ) второй ступени должны работать на большой высоте и при этом иметь высокую надёжность запуска. Такое противоречие разрешилось методом «разделение противоречащих свойств во времени»: в пакетной схеме РН запуск двигателей РБ второй ступени осуществляется на стартовой позиции.

Развитие технической системы может сопровождаться появлением нежелательных эффектов. Способы борьбы с ними демонстрируются в данной работе. Например, для борьбы с колебанием жидкости в топливном баке РН применяются демпфирующие перегородки. Для поиска решения используется приём «введение дополнительного компонента в систему».

Особое внимание уделяется закономерностям развития ракет-носителей. Увеличение числа ступеней РН для новых задач является примером развёртывания технической системы. Сегодня проявляется и обратная тенденция — свёртывание технической системы, которое заключается в переходе от ряда РН разного к многофункциональной и многоразовой транспортной системе. В переходе от вытеснительной системы подачи топлива в ЖРД к турбонасосной можно выявить закономерность прогрессивной конструктивной эволюции. Оснащение ракетного блока аэродинамическими органами управления и турбореактивным двигателем для посадки является примером динамизации технической системы, когда существующему компоненту придаются новые свойства.

Таким образом, использование общих приёмов решения технических задач позволяет находить оригинальные решения для улучшения характеристик РН. На основе анализа закономерностей развития ракет-носителей можно спрогнозировать следующие направления

модернизации: сохранение тенденции проектирования многоразовых РН, появление большего числа сверхтяжёлых носителей для миссий на Луну и Марс, переход к электронасосной системе подачи топлива в ЖРД как следующему этапу конструктивной эволюции.

Список используемых источников:

1. Ревенков А.В. Резчикова Е.В. Теория и практика решения технических задач : учеб. пособие / А.В. Ревенков, Е.В. Резчикова. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ФОРУМ ИНФРА-М, 2019. — 384 с. : ил. — (Высшее образование).

2. Основы техники ракетного полёта. Феодосьев В.И. — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979, 496 стр.

3. Ключников В. Ю. Ракеты-носители сверхлёгкого класса: ниша на рынке пусковых услуг и перспективные проекты. Часть 1. // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 58-71.

4. Альшутллер Г. С., Злотин Б. Л., Зусман А. В., Филатов В. И. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач). — Кишинев: КартяМолдовеняскэ, 1989.

## **Исследование особенностей конструкций современных спутников связи**

Фомичёв М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

Тема исследования активно обсуждается в научной сфере. В настоящее время в области ракетно-космической техники существует ряд актуальных задач, требующих новых подходов и усовершенствования существующих. Спутники связи являются неотъемлемой частью космической деятельности и современного мира в целом.

Одной из таких задач является усовершенствования конструкций спутников связи.

В данной работе проведен обзор существующих спутников связи, рассмотрены их достоинства и недостатки, показан принцип построения спутниковых систем связи; приведены факторы, влияющие на условия функционирования спутников связи в космическом пространстве, а также предложены улучшения конструкций спутников связи.

По результатам выполненной научно-исследовательской работы можно сделать выводы:

1) Спутники связи являются неотъемлемой частью космической деятельности и современного мира в целом.

2) Спутниковая система связи включает в себя несколько главных сегментов: космический сегмент, наземный сегмент, а также абонентский сегмент.

3) В качестве конструкционных материалов корпуса космического аппарата следует использовать титановые сплавы; фотоэлектрические преобразователи предлагается производить из кремния, а для радиаторов систем терморегулирования и других высокотемпературных элементов следует использовать молибден.

Возможными перспективами продолжения работ по данной тематике заключается в использовании предложений по улучшению в дальнейшей работе для более подробных исследований, а также в применении для будущих проектов спутников связи.

Список используемых источников:

1. Аникейчик Н.Д. Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры. Том 1. Объекты космической инфраструктуры. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с.

2. Гуцин В.Н. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 2003. — 272 с.

3. Ермолаев В.И., Езерский В.В., Полетаев Б.И. Бортовое оборудование космических аппаратов. — СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2009. — 507 с.

## Солнечная электростанция на Луне

Худобина Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

На данный момент существующие системы энергоснабжения на прямую зависят от традиционных источников энергии, однако их природные запасы ограничены и технология их переработки ведет к экологическому загрязнению. Более того, с каждым годом количество потребляемой энергии растет. Решение, которое позволяет отказаться от традиционных видов ресурсов и избежать экологической катастрофы, это использование системы энергоснабжения на базе лунных ресурсов.

Создание солнечных станций на Луне является наиболее эффективным по сравнению с использованием солнечной энергии непосредственно на Земле, так как на Луне отсутствует атмосфера, то есть, нет облачности и солнце постоянно освещает поверхность. Также отсутствует магнитное поле, что определяет более широкий спектр солнечного излучения, которое падает на Луну. В совокупности эти факторы позволят получать на Луне большее количество солнечной энергии, чем на Земле.

Для постоянного обеспечения Земли электроэнергией необходимо создание минимум трех солнечных коллектора, чтобы в любой момент времени хотя бы один из них был освещен Солнцем. Однако подобная задача требует проверки технологий микроволновой передачи энергии на большие расстояния и создания солнечных панелей на Луне с максимальным коэффициентом использования местных ресурсов.

Это требует больших временных затрат, поэтому первоначально необходимо доказать возможность получения энергии на Луне и передачи ее на Землю с использованием одной солнечной электростанции. Для этого необходимо создание системы из солнечного коллектора на экваторе Луны, спутников ретрансляторов на орбите Земли и наземных станций-приемников.

Производство солнечных панелей необходимо осуществлять на Луне, что требует в первую очередь подробного изучения расположения полезных ресурсов в районах экватора Луны для упрощения дальнейшей их добычи и переработки. Для обслуживания 3D-принтера, который будет производить панели, для сборки коллектора, для его обслуживания необходимо создание группировки автоматических планетоходов по примеру существующих марсоходов.

Список используемых источников:

1. Шевченко В. В., «Большая российская энциклопедия. Электронная версия», 2017. [Электронный ресурс]/URL: <https://bigenc.ru/physics/text/2150744>. (дата обращения: 15.11.2022).
2. Евдокимов Р. А., Грибков А. С., Сотников Б. И., Тугаенко В. Ю., Брюханов Н. А., «Луна и решение проблем Земли» в «Луна. Шаг к технологиям освоения Солнечной системы», Москва, РКК «Энергия», 2011, сс. 546-557.
3. Clinton R. G., «NASA», 20.04.2022. [Электронный ресурс]/URL: [https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220005590/downloads/UK\\_ADDITIVE%20WORLD\\_4.20.2022%20FINAL.pdf](https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220005590/downloads/UK_ADDITIVE%20WORLD_4.20.2022%20FINAL.pdf). (дата обращения: 20.11.2022).
4. «Ground demonstration testing of microwave wireless power transmission», JAXA, 2015. [Электронный ресурс]/URL: <https://www.kenkai.jaxa.jp/eng/research/ssps/150301.html>. (дата обращения: 23.11.2022).

## **Решение задач подготовки космического аппарата многоразового применения к повторным пускам**

Чуркин Д.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачёв А.В.

МАИ, Москва

Цель: проанализировать способы подготовки многоразовых космических аппаратов к повторным пускам

Задачи:

1. Исследование развития отечественных и зарубежных МТКС
2. Анализ особенностей эксплуатации МТКС
3. Исследование возможные задачи подготовки космического аппарата многоразового применения к повторным пускам
4. Предложить решение задач подготовки многоразовых космических аппаратов к повторным пускам

Объектом исследования является подготовка многоразового космического аппарата к повторному пуску

Предметом исследования является возможность замены термозащитного покрытия орбитального самолёта и перезарядка тормозного парашюта

В настоящее время в области ракетно-космической техники существует ряд актуальных задач, требующих новых подходов и усовершенствования существующих. Одной из таких задач является разработка назначения и облика орбитального корабля многоразовой транспортной космической системы.

В данной работе проведено исследование развития многоразовых транспортных систем, влияние аэродинамического нагрева на космический аппарат, а также приведён разработанный студентом метод

По результатам выполненной научно-исследовательской работы можно сделать выводы:

- 1) Аэродинамический нагрев является одним из ключевых факторов повреждения многоразового КА при возвращении на Землю
- 2) Процесс подготовки космического аппарата многоразового применения к повторному пуску является одним из основополагающих для успешной реализации программы и его реализация должна быть на соответствующем уровне

Для грядущих проектов многоразовых транспортных космических систем будет необходимым решение задач подготовки космического аппарата многоразового применения к повторным пускам и данную научно-исследовательскую работу можно использовать для построения плана решения задачи и ознакомления с сутью вопроса

Список используемых источников:

1. Салахутдинов Г.М. Тепловая защита в космической технике. — М:Знание, 2001. — 64с., ил
2. Аджян А.П., Аким Э.Л., Алифанов О.М., Андреев А.Н. Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Том IV-22. В двух книгах. Книга первая. — М:Машиностроение, 2012., 925 с.
3. Гофин М.Я. Жаростойкие и теплозащитные конструкции многоразовых аэрокосмических аппаратов. М:Б.и., 2003. — 671с.
4. Шумилин А.А. Авиационно-космические системы США: история, современность, перспективы. — М:Вече, 2005. — 526 с.

## **Применение космических изображений для оперативного детектирования линий тектонических разломов после землетрясений**

Светличная Е.В., Хамадов Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кучейко А.А.

МАИ, Москва

Сегодня данные космической съёмки и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) зарекомендовали себя в качестве результативного и оперативного инструмента оценки и анализа последствий крупных стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций (ЧС) — землетрясений, пожаров, паводков и наводнений. Впечатляющим примером возможностей средств ДЗЗ стала работа международных групп специалистов по анализу материалов ДЗЗ после разрушительных землетрясений в Турции 06.02.2023. В ходе анализа зоны землетрясения использовались космоснимки открытых программ ДЗЗ, а также изображения, предоставленные в открытый доступ операторами различных систем ДЗЗ. В данной работе обобщены новые результаты оперативного анализа космоснимков по зоне землетрясений, полученные студенческой группой «РИСККАТ», а также отечественными и зарубежными специалистами.

В ходе обработки открытых данных оптической съёмки спутников Sentinel-2 выявлена возможность детектирования линий тектонических разломов и определения величины сдвига блоков земной коры субпиксельного размера (менее 10 м). В ходе исследований использовались два изображения района землетрясения, сделанные 25.01.2023 (ДО ЧС) и 09.02.2023 (ПОСЛЕ ЧС), синтезированные в натуральных цветах с пространственным разрешением 10 м.

В результате анализа пары космоснимков установлено появление после ЧС линий разрывных нарушений, а также определено направление крупного сдвига. Полученные результаты подтверждены данными других исследователей, полученные другими способами, например, по данным интерферометрической обработки пар радиолокационных изображений КА Sentinel-1, RADARSAT-2, ALOS-2, LT-01A, а также при обработке высокодетальных оптических снимков.

Результаты анализа субпиксельной корреляции пары снимков могут быть использованы для оперативного анализа последствий землетрясений по открытым данным ДЗЗ и картирования зоны тектонических разломов, в пределах которой необходимо предъявлять особые требования к существующей или создаваемой там инфраструктуре.

Список используемых источников:

1. Earthquake in Turkey // [disasterscharter.org](https://disasterscharter.org/): The International Charter Space and Major Disasters. URL: <https://disasterscharter.org/web/guest/activations/-/article/earthquake-in-turkey-activation-797->. ( дата обращения 15.01.2023)
2. "Роскосмос" опубликовал снимок тектонического разлома в Турции // [ria.ru](https://ria.ru/): РИА Новости. URL: <https://ria.ru/20230212/turtsiya-1851520347.html>. ( дата обращения 15.01.2023)
3. Результат обработки интерферометрической пары РЛИ Sentinel-1A Европейского космического агентства в ФИРЭ им. В.А Котельникова при помощи программного пакета SARscape // Фрязинский филиал государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской Академии Наук. URL: <https://fireras.su/>. ( дата обращения 15.01.2023)

## **Секция №5.3 Системы жизнеобеспечения и экологическая безопасность космической деятельности**

---

### **Разработка вспомогательного устройства для проведения тренировки на трёхглавую мышцу голени в условиях микрогравитации**

Афоничев Н.К., Баранов М.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.  
МАИ, Москва

Длительное прибывание человека в условиях микрогравитации влечёт за собой изменения в опорно-двигательной системы. Больше всего влияния оказывается на трёхглавую мышцу голени, так как она участвует в процессе ходьбы и не используется при перемещениях в космосе.

Данная задача медико-технического обеспечения становится серьёзной при планировании долгосрочных полётов на Луну. Поэтому решением для профилактики атрофии трёхглавой мышцы голени может стать вспомогательное устройство для проведения тренировки.

Профилактика воздействий космического полёта в основном осуществляется выполнением упражнений план которых составляется индивидуально для каждого космонавта, но основан на индивидуальных принципах. Целью данного исследования является анализ изменений характеристик трёхглавой икроножной мышцы, после выполнения простого плана упражнений в течение 30 дней в наземных условиях.

Результаты, полученные в ходе наземного исследования, позволят интерпретировать полученный опыт в космической практике.

Для проведения исследования был разработан специализированный стенд и проведены исследования с участием 5 испытуемых.

Основные задачи данного КЭ составляют:

- Анализ изменений архитектуры трёхглавой мышцы голени после тренировок.
- Изучение изменения скоростно-силовых характеристик трёхглавой мышцы голени после тренировок.
- Разработка вспомогательного устройства для выполнения тренировок в условиях космического полёта.

В докладе обсуждается методика эксперимента и решение поставленных задач.

Список используемых источников:

1. М.С. Баранов, Л.Б. Строгонова «Методы математического моделирования при определении положения центра тяжести с учетом перераспределения крови в нижних конечностях у космонавтов в эксперименте «Стабило» // Научно-технический вестник Поволжья. №6 2022г. — Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2022. — С. 9-12.

2. Коряк Ю.А. 60-сутаяная гипокинезии и реакция скелетной мышцы человека на примере трехглавой мышцы голени // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2014. — № 4. — С. 79-88.

### **Усовершенствование системы компенсации опорных разгрузок в условиях невесомости и лунной гравитации**

Бекренева М.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васин Ю.А.  
МАИ, Москва

Пилотируемый космический полет — это комплексная проблема, которая сочетает в себе решение разнообразных инженерных задач и напряженную деятельность оператора, сопровождаемые воздействием неблагоприятных факторов, оказывающих существенное

влияние на состояние человека, от которого зависит, насколько успешно будет совершена миссия. Неблагоприятные факторы полета влияют на все физиологические системы, в том числе и на опорно-двигательную. Полет на Луну и освоение обитаемой Лунной базы, являясь приоритетной космической программой, будут требовать проведения различных исследований, направленных на изучение адаптационных изменений со стороны физиологических систем и эффективного использования методов профилактики для обеспечения планетарной внекорабельной деятельности (ВКД). Одним из актуальных направлений для изучения является исследование изменения морфологии стопы в условиях микро- и гипогравитации для обеспечения качества операторской и внекорабельной деятельности космонавтов-исследователей.

Изменения в стопе влияют на локомоторные функции, часто становятся причиной болей в коленях, позвоночнике [1]. Важность изучения морфологических изменений в стопе для КБМ встала остро относительно недавно. В то же время в земной медицине эта проблема стоит очень давно. Долговременное пребывание в условиях пониженной гравитации может негативно сказаться на морфологии стопы, поэтому крайне важно обеспечить надежную профилактику этих изменений. Российские медико-биологические эксперименты показали, что применение механической стимуляции опорных зон стоп в условиях безопорности («сухой» иммерсии) позволяет предотвратить снижение мышечного тонуса и развитие мышечной атрофии, изменение порядка вовлечения двигательных единиц, спинальную гиперфлексию и другие проявления гипогравитационного двигательного синдрома.

Представленные в данной работе материалы направлены на анализ морфологических изменений стоп в условиях микро- и гипогравитации с целью усовершенствования системы компенсации опорной разгрузки. Предлагается модификация системы компенсации опорной разгрузки в условиях невесомости и лунной гравитации. На Луне, где гравитация составляет всего 1/6 от Земной, нарушения в локомоциях, в том числе вызванные изменениями морфологии стоп, могут стать причиной неспособности выполнения планетарной ВКД, заключающейся в управлении ровером, транспортировке и пешем ходе и т.д. С этой точки зрения необходимо предложить наиболее эффективный метод профилактики, который компенсирует негативное воздействие новых условий.

На основе данных, полученных в модельных наземных экспериментах («сухая» иммерсия) [2] в рамках методики, направленной на выявление морфологических и биомеханических изменений в стопе с помощью методов компьютерной плантографии, а также на основе анализа данных из клинической практики, предлагается модификация существующего метода профилактики с помощью компенсатора опорной разгрузки, представляющего собой ботинки с двумя пневмокамерами, встроенными в каждую стельку. Актуальность и новизна работы обусловлены несовершенством существующих методов профилактики опорной разгрузки в условиях пилотируемой космонавтики несмотря на наличие экспериментальных данных о локализации перераспределения опорных реакций стоп. Более детальное экспериментальное выявление нагруженных зон стоп позволит оптимально расположить пневмокамеры для механической стимуляции наиболее нагруженных зон стоп, а также позволит определить анатомически правильную форму для пневмокамер, поскольку существующие на данный момент стельки не учитывают индивидуальные морфологические особенности.

Разработка математической модели позволит оптимизировать автоматическое определение зон стоп для искусственной стимуляции с учетом индивидуальных особенностей оператора-испытателя. Результаты планируемых наземных экспериментов позволят верифицировать разработанную математическую модель, прогнозировать уровни качества выполнения предлагаемых задач планетарной ВКД.

Список используемых источников:

1. Saveko A. et al. Foot-ground reaction force during long-term space flight and after it: walking in active treadmill mode // *Gait & Posture*. — 2020. — Т. 76. — С. 382-388.
2. Tomilovskaya E. et al. Dry immersion as a ground-based model of microgravity physiological effects // *Frontiers in physiology*. — 2019. — Т. 10. — С. 284.

## Оценка эффективности экозащитных процессов на предприятии авиастроения

Богачук П.Ю.

Научный руководитель — к.х.н. Сотникова Е.В.

МАИ, Москва

Невозможно представить современное предприятие авиастроения без цеха, отвечающего за обработку металлов давлением. Основное назначение этого завода — производство полуфабрикатов из алюминиевых и магниевых сплавов для последующей сборки самолетов.

Ежедневно на производстве обрабатываются десятки тонн металла, в следствии чего в окружающую природную среду поступает большое количество загрязняющих веществ, оказывающих губительное воздействие.

К сожалению, многие предприятия до сих пор используют устаревшие очистные установки, которые обладают низкой эколого-экономической эффективностью, игнорируя новейшие системы очистки.

Традиционная система очистки отходящих газов, то есть та, которая применяется на предприятиях чаще всего, представляется собой многоэтапную процедуру. Изначально отходящие газы поступают в батарейный циклон, где происходит удаление пыли, а далее поступают в каталитический реактор, где удаляются угарный газ и оксиды азота. Для удаления диоксида серы газы поступают в адсорбер, после чего выводятся через дымовую трубу в атмосферу.

Традиционная система очистки сточных вод состоит из маслоловушки, и электрокоагулятора, где происходит очистка от окалины и взвешенных минеральных веществ.

Инновационная система очистки отходящих газов представляет собой скруббер Вентури. Данный аппарат обладает высокой эффективностью очистки (до 99,9%), и способностью удалять все загрязняющие вещества, содержащиеся в отходящих газах кузнечно-прессового производства. То есть у такой системы отсутствует многоэтапность процесса очистки, что несомненно является преимуществом.

Диоксид азота хорошо растворяется в воде. В процессе химической реакции образуются смеси азотной и азотистой кислот, однако данная смесь является неустойчивой.

Для достижения необратимости реакции необходимо нейтрализовать кислоты в водном растворе с помощью использования технической соды — бикарбоната натрия.

Для нейтрализации оксида углерода осуществляется реакция окисления с помощью перманганата калия.

Инновационная система очистки сточных вод представляет собой применение напорной флотации. Данный аппарат обладает высокой степенью очистки (до 95%), и способен удалять как масла, так и окалину с взвешенными веществами минерального происхождения. У данной системы также отсутствует многоэтапность процесса очистки.

Оценка проведенных экологических мероприятий проводится с помощью инновационного подхода, а именно с применением критерия техногенного загрязнения. Критерий позволяет:

- Отбраковать все экозащитные процессы, не обеспечивающие нормативов качества;
- Сравнить эффективность проведенных мероприятий.

Значения критерия техногенного загрязнения по каждому веществу в каждой системе очистки не превышают единицу, и, следовательно, эффективны. Исходя из значений критерия техногенного загрязнения, можно сделать вывод, что методы инновационной системы очистки предпочтительнее.

Стоимость альтернативных систем очистки примерно в два раза ниже по сравнению с традиционной системой, а окупаемость составляет от 12 до 28 месяцев.

Вывод

Таким образом анализ традиционной системы очистки выбросов и сбросов показал необходимость инновационного подхода к выбору систем обезвреживания, основанного на

расчете критерия техногенного загрязнения, поскольку позволяет повысить эколого-экономическую эффективность природо-охранных мероприятий.

Список используемых источников:

1. Сотникова Е.В., Дмитриенко В.П., Сотников В.С. Теоретические основы процессов защиты среды обитания: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 576 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Сотникова Е.В., Дмитриенко В.П., Кривошеин Д.А. Экологическая безопасность в техносфере: Учебное пособие — СПб.: Издательство «Лань», 2022. — 513 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература)

## **Аппарат для исследования возможности выращивания сельскохозяйственных растений на Марсе**

Галиченко С.А., Багрянцев О.М.

Научный руководитель — доцент, д.п.н. Бебенин В.Г.

Московский Политех, Москва

Известно, что доставка грузов на МКС, которая находится на сравнительно малом расстоянии от Земли — это сложная и дорогостоящая задача, неудача в которой может привести к непоправимым последствиям для членов экипажа. Для миссий, проходящих на орбите и, в особенности на поверхности других небесных тел, проблема наличия постоянного и надёжного источника пищи стоит особенно остро. В случае с колонией на Марсе возможность срочно доставить продукты питания отсутствует как таковая из-за значительного расстояния между планетами. Вследствие вышеуказанных причин производство еды в колонии следует считать одним из важнейших условий для продолжительных миссий с участием людей.

Для снижения вероятности возникновения проблем при производстве пищи будущими колонизаторами предлагается разработать миссию с запуском и посадкой на поверхность Марса спускаемого аппарата, который исследует поведение растений и влияние Марсианских условий на них. Расчётный срок работы на поверхности составляет 90 суток или около 92,5 земных суток, что позволит изучить полный жизненный цикл до трёх поколений растений. Кроме того, следует разместить на орбите искусственные спутники Марса с зеркалами для обеспечения спускаемого аппарата дополнительным солнечным светом даже в ночное время, что можно сделать тем же запуском, не прибегая к использованию дополнительных ракет.

В качестве растений — объектов исследования, предлагается использовать шпинат из-за его питательности и содержания большого количества витаминов, что делает его одним из претендентов на использование в роли пищи, и кресс-салат как объект биоиндикации. Исследование должно производиться с применением технологии выращивания в воздушной среде без применения почв — аэропоники. Данный способ позволяет обойтись без грунта, использовать меньшее количество удобрений благодаря их доставке прямо на корнях растений и требует минимальный запас воды.

Источником энергии аппарата может служить РИТЭГ на альфа-распаде, который обеспечит бесперебойное снабжение электроэнергией на протяжении всего срока миссии, и останется безопасным при применении простейшего защитного слоя из металлической фольги. Для контроля условий внутри аппарата необходимо установить следующие датчики: освещенности, влажности, температуры и дозиметр. А также датчики различных газов (кислорода и углекислого газа, например) и качества воды (как минимум, уровни pH и хлора, удобрений). Исполнительными механизмами должны стать: манипулятор для взаимодействия с образцами и научным оборудованием, система распыления воды и её обратного сбора, система удаления влаги, конденсирующейся на внутренней поверхности купола, система терморегуляции, регулирования давления и состава воздуха. Система освещения, в свою очередь, должна быть способна полностью заменить Солнце в случае пылевой бури, а также содействовать росту и поддерживать высокую эффективность

фотосинтеза за счёт использования красного света в период прорастивания, сочетания синего и красного в основную фазу жизни, и белого, получаемого из комбинации красного, синего и зелёного цветов для имитации дневного освещения.

Для изготовления купола, под которым будут расти образцы, можно использовать поликарбонат со специальным покрытием, защищающим от помутнения под действием ультрафиолета. Данный материал характеризуется комплексом высоких физико-механических свойств, отличается высокой среди полимеров жесткостью и прочностью в сочетании с очень высокой стойкостью к ударным нагрузкам, обладает хорошими оптическими показателями, отличается высокой прозрачностью, что немаловажно для решения поставленных задач. Коэффициент светопропускания около 90%. Имеет неплохие теплоизоляционные качества. Для защиты от скопления пыли на его поверхности следует использовать ультразвуковое воздействие, что позволит создать стабильный воздушный зазор между налетающей пылью и поверхностью стекла, и это будет препятствовать их соприкосновению в принципе.

В целях решения поставленной задачи предлагается макет данного аппарата, функционал которого позволит выращивать образцы при помощи технологии аэропоники, создавать требуемые условия при помощи систем жизнеобеспечения, включающих датчики контроля состояния окружающей среды и исполнительные механизмы, а также проводить их анализ.

Таким образом, создание и запуск такого аппарата станет важным этапом в решении задачи обеспечения долгосрочного пребывания человека на Марсе. Подобный аппарат позволит исследовать поведение растений и скорректировать режимы и условия выращивания растений.

## **Применение компьютерной томографии для оценки состояния костной ткани в условиях длительных пилотируемых космических полетов**

Головня Д., Баранов М.С.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Белозерова И.Н.

МАИ, Москва

В условиях длительных пилотируемых космических полетов (ПКП) выявлена потеря костной массы у космонавтов, что приводит к снижению минеральной плотности костной ткани и преждевременному остеопоротическому фенотипу.

В связи с этим увеличивается риск получения травм, вызванный изменениями в структуре костной ткани. Возникают критические области, которые быстро теряют костную массу и больше других областей подвергаются травматичности.

Для оценки состояния костно-мышечной системы в условиях длительных ПКП предлагается применение метода компьютерной томографии (КТ). КТ является единственным трехмерным методом отображения тканей организма человека, который используется для диагностики многих состояний, включая изменения опорно-двигательного аппарата.

Трехмерные изображения костных структур позволяют определять границы слоев кости и давать количественную оценку состояния костной ткани. С помощью метода количественной КТ измеряется объемная минеральная плотность, а также плотности трабекулярного и кортикального слоев для любой части скелета, что является преимуществами КТ перед используемым в настоящее время двумерным методом визуализации — денситометрией. Плотность кортикального слоя кости в области шейки бедра также является достоверным маркером риска переломов. Кроме того, метод КТ отличается высокой разрешающей способностью, позволяющей рассчитывать гистоморфометрические параметры, отсутствием суммационного эффекта, большей чувствительностью детекторов в регистрации ослабления излучения. А дополнительное ПО позволяет выполнить и денситометрическую оценку при использовании КТ.

Таким образом, целью работы является анализ применения метода компьютерной томографии для оценки состояния костной ткани в условиях длительного ПКП.

Список используемых источников:

1. Белозерова И.Н., Кудрявцева Н.С. Анализ параметров ультразвукового излучения для регенерации костной ткани космонавтов в длительных космических полётах // Труды МАИ, 2017. № 92. 25 с.
2. Баранов М.С. Разработка нетвердой опоры, обеспечивающей восстановление опорно-двигательных функций нижних конечностей космонавтов в реабилитационном периоде // Сборник тезисов 21-ой международной конференции «Авиация и космонавтика — 2022» Москва, 2022 г., с. 318

## **Использование технологий дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга морских портов**

Громаков А.А., Шпилевой А.Д., Чернышук А.О.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

С развитием научно-технического прогресса данные получаемые с помощью дистанционного зондирования Земли приобрели критическую важность для экологического мониторинга. С помощью новых более совершенных технологий получения и дешифрирования данных ДЗЗ, космические снимки с высоким разрешением стали одним из наиболее оперативных, надежных и эффективных источников информации для контроля над состоянием окружающей среды.

Авторы работы взяли за реальную проблему незаконных сбросов загрязняющих веществ в море. На данный момент органы власти не нашли решения данной проблемы, так как у них нет возможности контролировать протяженные морские побережья. Задача усугубляется и тем, что сливы могут происходить с кораблей не у берега. Так, у государства нет возможности полностью контролировать природопользователей. Этим и пользуются хозяева кораблей, которым выгодно слить хозяйственные воды за борт, чем платить деньги за их вывоз и утилизацию по прибытии в порт. В портах же зачастую происходят выбросы пыли и других загрязнителей в воду.

Сразу отметим, что за эти правонарушения установлены огромные штрафы. За разовый слив судовладелец должен заплатить от 150 000 до 1 500 000 рублей.

Для решения существующей проблемы предлагается использовать данные спутников дистанционного зондирования Земли. Если одновременно использовать данные с разных спутников, то можно получить высокую частоту обновления данных, до нескольких раз в сутки. Для работы использовали бесплатные данные от SentinelHub, со спутников Sentinel. Так, нужно будет сопоставить проанализированные данные о загрязнении с информацией о судоходстве в выбранном регионе, чтобы понять, какой именно корабль произвёл слив.

Для работы использовались RGB-снимки черноморских акваторий (порты в Геленджике и Новороссийске, окрестности Таманского полуострова) с 2017 года по наше время. Также существуют данные в ИК-диапазоне, однако они более применимы для детектирования нефтяных разливов.

В итоге, в рамках работы был создан экспериментальный классификатор, который успешно справился с задачей. Предложена простейшая архитектура решения, которая уже может решать задачу поиска загрязнений и оповещения органов государственного контроля.

Список используемых источников:

1. Современные методы интеллектуальной обработки данных ДЗЗ / Н. С. Абрамов, Д. А. Макаров, А. А. Талалаев, В. П. Фраленко // Программные системы: теория и приложения. — 2018. — Т. 9. — № 4(39). — С. 417-442. — DOI 10.25209/2079-3316-2018-9-4-417-442. — EDN PVXFEF.

2. Сокол, А. В. Особенности применения алгоритма сжатия для видеоданных, формируемых аппаратурой наблюдения ка ДЗЗ / А. В. Сокол // Исследование Земли из космоса. — 2008. — № 2. — С. 21-25. — EDN IJUSQD.

## **Разработка технического средства медицинского обеспечения реадaptации мышц конечностей в условиях измененной гравитации**

Дворак М.А., Баранов М.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строганова Л.Б.  
МАИ, Москва

Устранение механического напряжения в гравитационно-зависимых системах, возникающее в условиях космического полета, оказывает влияние на организм человека, перестраивает работу функциональных систем, отвечающих за позу и движение человека.

Изменения в опорно-двигательном аппарате характеризуются развитием гипотонии и гипотрофии мышц, нарушением проприорецепции и системы позных синергий, деминерализацией костной ткани [2].

Для минимизации воздействия микрогравитации на двигательную систему человека на мышцы должны действовать несколько типов нагрузки: специфические тренировки, неспецифические тренировки и искусственная нагрузка.

Профилактические нагрузочные костюмы — это пассивное физическое средство для неспецифических тренировок.

Метод аксиального нагружения, использующийся в профилактических нагрузочных костюмах, применяется в клинической медицине для реабилитации больных с двигательными нарушениями (детский церебральный паралич, инсульт и черепно-головная травма) [1].

Разработка технического средства медицинского обеспечения реадaptации мышц конечностей в условиях измененной гравитации является актуальной задачей в условиях освоения космического пространства: при длительных и межпланетных космических полетах.

Для решения поставленной проблемы были сформулированы и решаются специальные задачи.

Проанализировано применение нагрузочных костюмов в течение последних 50 лет.

Разработано техническое предложение для реализации медицинского обеспечения реадaptации мышц конечностей в условиях измененной гравитации.

Предложенное средство создает резистивную нагрузку, вследствие воздействия момента обратного направлению движения. Средство состоит из костюма и прикрепляемых к нему носимых модулей и аппарата обработки и управления. Носимые модули включают в себя инерциальный измерительный блок для измерения линейных ускорений и угловых скоростей каждого модуля, гироскопы с управляющим моментом для создания величины крутящего момента и его направления, а также контроллеры вращения двигателя. Носимые модули располагаются на центрах масс сегментов конечностей для адекватного приложения момента сопротивления.

Для отработки нового технического средства предлагается математическая модель на основанная на теореме об изменении кинетического момента системы.

Вопросы идентификации математической модели решаются при помощи данных об использовании нагрузочных костюмов в предыдущих КП.

Список используемых источников:

1. Козловская И.Б. «Гравитация и позно-тоническая двигательная система» // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2017. — Т. 51. — №3. — С. 5-21

2. Баранов М.С., Строганова Л.Б. «Методы математического моделирования при определении положения центра тяжести с учетом перераспределения крови в нижних конечностях у космонавтов в эксперименте “стабило”» // Научно-технический вестник Поволжья. — 2022. — № 6. — С. 9-12.

## **Исследование средств контроля газовой среды сооружений и помещений ракетно-космических комплексов**

Зыбцева А.Н.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Гончар А.Г.

МАИ, Москва

Исследование средств контроля газовой среды сооружений и помещений ракетно-космического комплекса.

В данном докладе будут представлены результаты проведённых исследований средств контроля газовой среды сооружений и помещений ракетно-космического комплекса.

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие замечания.

1. Основными объектами РКК являются стартовый и технический комплексы, и на каждом из них есть свои особенности, которые необходимо учитывать при организации контроля газовой среды.

2. При описании особенностей работы средств контроля газовой среды следует учитывать все возможные воздействующие факторы такие как: неоднородность ландшафтов территорий, которые подвергаются ракетно-космической деятельности, т.к. на их компоненты степень воздействия может быть различна.

3. Для системного решения задач по контролю газовой среды сооружений и помещений ракетно-космического комплекса необходимо учитывать условия работы средств контроля.

Вывод: для полноценного контроля за окружающей средой, как в помещении, так и на открытых участках стартового комплекса должны быть учтены все влияющие факторы, а это означает, что во всех сооружениях, используемых персоналом и в которых размещено оборудование, необходимо располагать весьма значительное количество точных и чувствительных к измеряемым параметрам датчиков.

При работе с таким объемом данных, необходимых к учету всегда стоит учитывать и человеческий фактор.

Для полного бесперебойного контроля газовой среды в первую очередь стоит автоматизировать весь процесс, т.к. это позволит точно и своевременно реагировать на любые изменения окружающей среды, что в свою очередь поможет избежать негативного воздействия вредных веществ не только на персонал, но также и дорогостоящее оборудование.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 54317 — 2011. Комплексы стартовые и технические РКК. Требования безопасности. — М.: Стандартинформ, 2011.

2. Космодром: общая характеристика, 2022 — URL: <https://diplomba.ru/work/132944>, дата обращения: 01.12.2022

3. Епифанов И.К., Кондратьев А.Д., Королева Т.В., Черницова О.В., Кречетов П.П. Структура и задачи экологического мониторинга ракетно-космической деятельности. Научная статья по специальности «Энергетика и рациональное природопользование». — М. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012 — 36 с.

4. Королева Т.В., Черницова О.В., Шарапова А.В. Экологический мониторинг стартовой площадки. Научный журнал «Естественные и технические науки». — М: Спутник плюс, 2013.

## **Проблема композитных материалов в авиастроении**

Кабардова А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Доклад посвящен роли и значению создания новых композиционных материалов в авиастроении. Автором проведен анализ преимуществ и недостатков композиционных материалов и сформулированы рекомендации по развитию композиционного

материаловедения с точки зрения возможностей переработки отходов с целью возвращения в производственные циклы.

В результате научно-технического прогресса, развития и усложнения технологических процессов все чаще возникала потребность в создании таких материалов, которые обладали бы специфическими свойствами, соответствующими новым технологическим условиям.

Растущая техносфера вместе с пытливым стремлением человечества к познанию окружающего мира проникла как в глубины вещества планеты, так и вышла за пределы биосферы Земли. Изменения условий эксплуатации потребовали материалы с небывалыми требованиями к перепаду температур, давления, износостойкости, пластичности, химической и радиационной устойчивости и пр. Возникла острая потребность в поиске новых неизвестных ранее материалов.

Композиционные материалы известны с древности. Так, например, при строительстве мазанки в глину добавляли сено, стружку и мелкие ветки для армирования. Композиты — материалы, состоящие из нескольких различных компонентов, условно разделяемые на матрицу и наполнители. Композиты разделяются по структуре (волокнистые, дисперсно-упрочнённые, нанокompозиты и пр.) и по составу матрицы (полимерная, керамическая, металлическая и пр.).

Композитные материалы широко применяются в авиастроении, являющимся авангардом применения инновационных технологий. Авиаконструкторы стремятся снизить удельную массу планера и его агрегатов, повысить прочность и жесткость конструкции, создать надёжный самолет с эксплуатационной и производственной технологичностью, устойчивый к экстремальным условиям среды и режимам использования. В значительной степени композиционные материалы решают эти задачи, так как имеют высокую степень сопротивления усталостным разрушениям и стойкость к коррозии.

К примеру, в авиастроении широко применяются полимерные материалы: углепластики (силовые и стыковые детали конструкции, подверженные высоким температурам), боропластики (детали, подверженные длительным нагрузкам) и органопластики. По сравнению с часто используемыми металлами они более прочны, легки, жестки, жаростойки и долговечны. Помимо этого, создание материалов методом композиции позволяет создавать материал для конкретного агрегата с учетом его уникальных характеристик.

К несомненным достоинствам композиционных материалов необходимо указать и недостатки, которыми являются высокая стоимость, анизотропия и сложность переработки отходов, требующих поиска новых научных решений с целью реализации бизнес-моделей экономики многократного использования ресурсов.

В заключение следует сделать вывод о несомненной перспективе развития композиционных материалов в авиастроении, позволяющих улучшить аэродинамические характеристики, снизить потребление топлива, увеличить долговечность и сроки эксплуатации авиационных судов.

Список используемых источников:

1. Метечко Л. Б., Сорокин А. Е. Кластерная стратегия экоиновационного развития машиностроительной отрасли // Научно-технический журнал СТИН. — М., 2017. — № 10. — С. 27–31.
2. Метечко Л. Б., Сорокин А. Е. Гармонизация эколого-экономических показателей на рынках продукции высоких технологий // Экономика и управление в машиностроении. — 2016. — № 5. — С. 79–85.
3. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Метечко Л.Б., Замковой А.А., Мылник А.В. Экологические основы кластерной стратегии в аэрокосмической отрасли: Монография — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2020. — 295с.
4. Гукова В.А., Ершова О.В. Эксплуатационные характеристики композиционных материалов на основе вторичного полипропилена и техногенных минеральных отходов// Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2014. № 11. С. 149 — 154.

## **Разработка экспериментальной установки для анализа теплового состояния аксиальной тепловой трубы с автоматической записью регистрируемых температурных параметров в базу данных**

Кадеев Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Антонов В.А.

МАИ, Москва

Аксиальная тепловая труба является важным элементом, входящим в систему обеспечения теплового режима космических аппаратов различного назначения.

Отработка аксиальных тепловых труб в наземных условиях включает целый ряд испытаний. Одним из важнейших испытаний для аксиальных тепловых труб являются тепловые испытания. Такие испытания обычно проводятся на специальных тепловых стендах. При проведении тепловых испытаний важно иметь наглядную информацию о ходе эксперимента в режиме реального времени.

Данная задача была решена с использованием платы Arduino Nano, которая позволяет выводить непосредственно на экран монитора все характерные температуры в заданных точках аксиальной тепловой трубы, к которым прикреплены цифровые датчики температуры, а также анализировать процесс испытаний в режиме реального времени.

Для проверки работоспособности аксиальной тепловой трубы был создан стенд для тепловых испытаний. В состав теплового стенда вошли: аксиальная тепловая труба, стендовая теплоизоляция, лабораторный блок питания, нагреватель, охладитель, датчики температуры, персональный компьютер, плата Arduino Nano на базе микроконтроллера ATmega328 для обработки данных с цифровых датчиков температуры и дальнейшей передачей данных на персональный компьютер.

Были проведены тепловые испытания аксиальной тепловой трубы. По результатам проведенных испытаний было получено поле температур для аксиальной тепловой трубы, на основе которого был проведен расчет термического сопротивления тепловой трубы.

Термическое сопротивление является одной из важнейших характеристик аксиальной тепловой трубы и во многом определяет ее эффективность.

В работе также представлена принципиальная электрическая схема экспериментальной установки для регистрации температур в реальном времени.

Список используемых источников:

1. Чи С. Тепловые трубы.: Теория и практика/Пер. С англ. В.Я. Сидоров. — М.: Машиностроения, 1981. — 201 с., ил
2. Галкин В.И.: Начинающему радиолюбителю. — 3-е изд, перераб. и доп. — Мн: Полная, 1995 г. — 412 с.

## **Расчет конструктивных параметров для корневого модуля оранжереи MOONSAT**

Крамина М.Ю.

МАИ, Москва

Системы медико-технического обеспечения решают актуальные вопросы, возникшие на пути развития пилотируемой космонавтики. Задача БСОЖ ставится перед экипажем для межпланетных экспедиций, так как все совершенные пилотируемые полеты до сих пор проводились на околоземной орбите.

В ходе развития космических полетов задача существования человека вне планеты потребовала решения комплекса сложных проблем в разного рода областях человеческой деятельности и в ряде направлений, оказавшихся на границе разнообразных научных дисциплин.

К ряду таких проблем относится создание средств обеспечения комфортного существования и работы человека в специфических условиях космического полета — невесомости, ионизирующих лучей, циркадного ритма и т.д.

В условиях длительного пилотируемого космического полета при отсутствии систематического потока грузов с Земли остро стоит проблема обеспечения членов экипажа витаминами и питательными веществами растительного происхождения, необходимыми для их жизнедеятельности. Проблема обеспечения космонавтов полноценным по качеству и количеству пищевым рационом будет решена в этом случае только за счет создания на борту космического корабля больших запасов продуктов питания, а этому может способствовать космическая оранжерея. Но для того, чтобы растения развивались в ней правильно, получали достаточное количество питательных и минеральных веществ, необходимо выбрать подходящий субстрат и для этого субстрата, следовательно, рассчитать нужное количество подаваемой воды.

Поэтому появляется необходимость в выборе субстрата, его количества, и изучения распределения жидкости в данной пористой среде, для достижения всегда влажной почвы.

Целью данной работы является расчет конструктивных параметров для корневого модуля оранжереи MOONSAT.

Такая работа будет востребована не только для создания условий существования на космически орбитальных станциях, но и при создании Лунной базы в ближайшем будущем.

Условия микрогравитации затрудняют применение систем с водной корнеобитаемой средой, поскольку в этом случае необходима более надежная гидроизоляция корневого модуля. Задачи, которые необходимо решить в данной работе:

- Выбрать универсальный, безопасный субстрат для выращивания зеленой массы
- Изучить движение жидкости в данной пористой среде.
- Получить распределения воды, определения водного потенциала для данного субстрата.
- Получить экспериментальных данных опыта, проведенного на земле.

Список используемых источников:

1. Беркович, Ю.А. Космические оранжереи: настоящее и будущее/ Беркович, Ю.А.,Кривобок, Н.М., Смолянина, С.О., Ерохин, А.Н. // Москва: ООО Фирма «Слово»-2005
2. Концепция Комплекса систем жизнеобеспечения экипажей межпланетных экспедиций 2017 г. Романов С.Ю., Гузенберг А.С., Рябкин А.М. с. 80 -97.
3. Менькин Е.В. Разработка методики анализа эффективности технологий и синтеза технологической структуры СЖО с учётом неопределённости в исходной информации. Автореферат канд. диссертации.М.1999 г.

## **Моделирование работы сердечно-сосудистой системы космонавтов при испытаниях на центрифуге короткого радиуса**

Кротов К.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хаустов А.И.

МАИ, Москва

К настоящему времени накоплен громадный опыт оценки влияния перегрузок, действующих на космонавта в условиях отличных от земных, например, при стартах, длительном пребывании на орбите, межпланетном полете, посадке на Землю. В том числе доказано [1], что перегрузки влияют на перераспределение жидкостных сред в организме, проявляющиеся в оттоке крови от нижних конечностей, что, в свою очередь, вызывает нарушение обменных процессов и циркуляции крови. Поэтому изучение влияния перегрузок на распределение жидких сред организма является актуальной задачей.

Центрифуги и, в частности, центрифуга короткого радиуса (ЦКР) применяются для создания искусственной силы тяжести (ИСТ) и для оценки переносимости перегрузок человеком. Опыты показывают [2], что такие перегрузки, во-первых, тренируют сердечно-сосудистую систему космонавта, во-вторых, «нормализуют» распределение крови в организме, в-третьих, восстанавливают деятельность афферентных систем.

Целью работы является оценка влияния перегрузок на гидродинамические параметры сердечно-сосудистой системы (ССС) при испытаниях на ЦКР и решены следующие задачи:

проанализирована динамика и кинематика движения крови в ССС космонавта; выполнен анализ методов и подходов к моделированию ССС; проведён анализ полей скоростей и давлений, а также полей, рассчитываемых на их основе.

Динамика движения крови в ССС рассмотрена как движение неньютоновской несжимаемой вязкой жидкости и описано классической системой дифференциальных уравнений. Вязкость крови описана моделью Карро [3]. При такой модели динамики появляется необходимость учитывать турбулентность. Моделью турбулентности выбрана низкорейнольдсовая модель  $k-\omega$  SST, которая нацелена на точный расчёт касательных напряжений в близи стенок, распределение которых крайне важно для анализа кровотока. Геометрия ССС выполнена в виде твердотельной сборки, собранной из деталей, являющихся сосудами или органами. Каждый орган является монолитным и представляет собою местное сопротивление.

В результате численного эксперимента получены распределения полей скорости и давления, а также: завихрённость, функция тока, касательные напряжения и сдвиговая скорость. На основе полученных значений можно утверждать: увеличение частоты вращения или радиуса ЦКР существенно увеличивает скорость течения жидкости. При увеличении частоты вращения ЦКР существенно интенсифицируются вихревые течения, вызванные как криволинейностью каналов ССС, так и вращением ЦКР; при частоте равной 0 (ЦКР не вращается) давление уменьшается по тракту ССС от левого желудочка до правого предсердия, что соответствует нормальному распределению давления в организме, но при частоте вращения равной 30 об/мин картина изменяется — максимальное давление наблюдается в самом отдалённом сечении большого круга кровообращения, а давление существенно увеличивается на несколько порядков.

Список используемых источников:

1. Хоменко М.Н., Бухтияров И.В., Малащук Л.С. Переносимость и адаптационно-компенсаторные реакции организма при действии больших по величине, длительности и скорости нарастания перегрузок направления «голова-таз» (+Gz). *Авиакосмическая и экологическая медицина*, 2020, Т. 54, № 3, стр. 54-62.
2. Орлов О.И., Колотева М.И. Центрифуга короткого радиуса как новое средство профилактики неблагоприятных эффектов невесомости и перспективные планы по разработке проблемы искусственной силы тяжести применительно к межпланетным полетам // *Авиакосмическая и экологическая медицина*, Vol. 51, No. 7, 2017.
3. Hund S.J., Kameneva M.V., Antaki J.F. A Quasi-Mechanistic Mathematical Representation for Blood Viscosity // *Fluids*, Vol. 2, No. 1, March 2017. P. 10.

## **Перспективы развития систем жизнеобеспечения различных космических сооружений, построенных на поверхности Луны**

Лазарев А.М., Мамедов Р.В., Краснянский Д.О.

Научный руководитель — доцент, к.и.н. Охочинский М.Н.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

По исследовательским данным учёных космонавты могут находиться на Луне без опасности для жизни и здоровья не более полутора месяца. Это следствие активного галактического космического излучения с тяжелыми заряженными частицами, такими как протоны (около 85 %), альфа-частицы (около 14 %) и более тяжёлые ядра (около 1 %) с энергиями от 107 до 1019 эв, разрушающими центральную нервную систему. Что может привести к проблемам с вестибулярным аппаратом, с операторской деятельностью, а также к частичной потере памяти и гиподинамии. Кроме того, в результате воздействия излучения на организм человека вымывается кальций из костей. Во время солнечных вспышек доза радиации может достигать величины в 10 раз превышающая норму.

Этот факт может оказать негативное влияние на саму космическую миссию и вообще ставить под угрозу её существование из-за пагубного действия на самих учёных и исследователей. Для этого необходимо обеспечить относительно надёжную защиту системы

жизнеобеспечения людей в научных станциях на поверхности Луны, которая подвержена космическому излучению.

Причина заключается в отсутствии озонового слоя, который фильтрует ультрафиолетовые лучи (поглощая, рассеивая и отражая) на спутнике Земли. По этой причине средняя мощность дозы излучения на поверхности Луны составляет около 1369 микрозивертов в сутки. На Земле только за год человек в среднем получает дозу излучения в 3,5 миллизиверт. Что превышает в 140 раз безопасный уровень для повседневной жизни.

При радиационном воздействии наибольшую опасность представляют гамма-лучи и нейтронное излучение. Степень защиты от гамма-лучей определяется толщиной и весом защитного ограждения (основным материалом для защиты являются тяжелые металлы, такие как кобальт и свинец). От нейтронного излучения эффективнее всего защищает то вещество, которое содержит в своем химическом составе значительное количество водорода. В первую очередь это вода, но поскольку она обладает небольшим удельным весом, то для одновременной защиты от нейтронного и гамма-излучения потребуется очень большая толщина водяного заграждения, что тяжело осуществимо и экономически невыгодно. Поэтому при создании защитных сооружений в качестве основного материала используют бетон, так как он сочетает в себе оба этих качества — большой объемный вес и значительное содержание воды.

Поскольку в ракетно-космической отрасли преследуется принцип оптимизации пассивной массы, то было бы катастрофической ошибкой транспортировать с помощью ракет-носителей огромное количество бетона, создаваемого на Земле. Что вызывает потребность в поиске подобного материала на других космических телах.

Так поверхность Луны покрыта достаточно большим слоем материала, называемого реголитом (от греч. *regos* — «одеяло» и *litos* — «камень») — остаточный пылеобразный грунт, образовавшийся выветриванием породы. По собственному составу и своим свойствам он схож с бетоном.

Бетон же состоит из заполнителя, цемента и воды. На Луне имеются аналоги компонентам, которые содержатся в «земном» бетоне. В качестве заполнителя предлагается использовать реголит, о котором упоминалось ранее. Роль цемента выполняют минералы, богатые содержанием кальция. Одним из таких минералов, присутствующим на Луне является анортит. Воду можно получить, растапливая лунный лёд. Так как для постройки требуется материал, выдерживающий перепады температур от -150 до +120 предлагается укреплять данный «бетон» стекловолокном, который можно произвести на месте из того же анортита.

Данное предположение позволяет нам сделать вывод о том, что способы создания защитных сооружений из бетона можно применять и с использованием реголита. Но в виду отсутствия на Луне «наших» методов строительства можно использовать достижения в области аддитивных технологий, с помощью которых на Земле уже возводят целые жилые кварталы.

Аддитивное производство — это создание конструкций и сооружений, основанное на поэтапном добавлении материала по слоям. Аддитивность в переводе с латинского означает прибавляемый. Такой способ изготовления также называют «выращиванием» из-за послойного создания изделия. Технология 3D-печати позволит нам реализовать несколько способов укрытия жизненных отсеков: кубы (когда создаются отдельные блоки, а затем собираются воедино); купол (отливка по форме возможных жилых отсеков) и иные.

Возможность использования технологии отливки бетоном подтверждается на основе результатов недавних исследований, проведенных компанией «Orbital ATK» на Международной космической станции. Где было установлено, что в отсутствии земной гравитации возможно благоприятное застывание бетона (по заявлениям NASA).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что реголит и аддитивные технологии помогут в более детальном освоении поверхности Луны, которое требует увеличенного времени пребывания космонавтов, что накладывает определённые требования к системе защиты жилых сооружений, которые были рассмотрены в данной статье.

Список используемых источников:

1. «Чангэ-4» измерила уровень радиации на поверхности Луны // N+1 URL: <https://nplus1.ru/news/2020/09/25/chang-e-dosimetry> (дата обращения: 11.02.2023).
2. NASA Sends New Research on Orbital ATK Mission to Space Station // NASA URL: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-sends-new-research-on-orbital-atk-mission-to-space-station> (дата обращения: 15.02.2023).
3. Космическая радиация // Центр «Космонавтика и авиация» URL: <https://clck.ru/33eoMS> (дата обращения: 11.02.2023).
4. Строительные материалы : учебник для вузов / В. А. Воробьев. — 5-е изд., перераб. — Москва : Высшая школа, 1973. — 375 с.

## **Устройство для проведения исследований клетки крови в среде инертного газа**

Ляпунова С.С., Сафронова К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.  
МАИ, Москва

В настоящее время в авиационной, космической и спортивной медицине ведутся исследования по применению инертных газов для реабилитационных мероприятий и повышения работоспособности. Различными группами исследователей изучается возможность применения для скорейшего восстановления спортсмена/пациента после перенесенного им в ходе состязаний/нагрузок экстремального физического и психоэмоционального напряжения ингаляций специальных газовых смесей на основе инертных газов [1].

В течение последних лет в ГНЦ РФ — ИМБП РАН проводились исследования по применению метода ингаляции ксенона для коррекции невротических, связанных со стрессом расстройств у лиц опасных профессий.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования специальных газовых смесей на основе ксенона для коррекции функционального состояния в наиболее напряженные периоды их профессиональной деятельности.

Деятельность экипажа на протяжении КП может привести к изменению параметров крови, а сама она, как и все биологические жидкости, является важным веществом для диагностики функционального состояния организма. Поэтому для своевременного принятия профилактических мер необходим контроль за клеточным составом крови [2].

На сегодняшний день проведено несколько исследований, направленных на изучения влияние инертного газа на кровь человека. Однако, до сих пор остаются неясными механизмы взаимодействий инертных газов на кровь и ее компоненты. В связи с этим, встает вопрос, как влияют инертные газы на клетки крови, в частности на эритроциты.

Работа посвящена разработке устройства для проведения исследований клетки крови в среде инертного газа, как для условий обитаемой Лунной базы для дальнейшей реабилитации космонавтов, так и для реабилитации пациентов на Земле.

Предполагается установить: роль инертных газов для реабилитационных целей, влияет ли инертный газ на увеличение срока хранения эритроцитов, и как инертный газ и невосомость влияют на функциональное состояние эритроцита.

Таким образом, задачей данной работы является рассмотрение поведения эритроцитов в инертном газе, для дальнейших реанимационных мероприятий, которые могут возникнуть в условиях обитаемой Лунной базы.

На данный момент на МКС после взятия крови, образцы помещают в охлаждаемую центрифугу, а затем хранят в морозильной камере при температуре -80 градусов Цельсия, однако данный способ хранения эритроцитов, плохо влияет на их мембранопротекторные свойства (наноструктуру, морфологию).

Требуется инженерно-техническая модернизация, а именно, разработка пробирок, предназначенных для хранения эритроцитов в условиях инертного газа. В пробирке

предполагается установить мембрану, в которой уже будет находиться инертный газ, а туда будут добавляться эритроциты. Все пробирки будут храниться при 4 градусах Цельсия.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- Разработка пробирки, предназначенной для хранения эритроцитов в условиях инертного газа

- Создание технического устройства для хранения эритроцитов в среде инертного газа при 4 градусах.

Предлагаемое устройство востребовано не только в исследовании клетки крови в среде инертного газа в условиях обитаемой Лунной базы, но и для дальнейшей реабилитации космонавтов и пациентов на Земле.

Список используемых источников:

1. Патент № 2580975 Российская Федерация, МПК А61М 16/00 (2006.01). Способ повышения работоспособности и нормализации функционального состояния организма человека посредством ксенонотерапии: заявл. 2014141192/14.10.2014: опубликовано 10.04.2016 Бюл. №10/Рошин И.Н., Шветский Ф.М., Ачкасов Е.Е., Довгуша В.В., Бутаков Г.Л., Чурилова О.В.; патентообладатель Рошин И.Н.-14 с.

2. Сафронова К.П., Ляпунова С.С. Научный руководитель — Гардуньо Р.А. Наземный модельный эксперимент в рамках разработки нового метода медико-биологического контроля для обитаемой Лунной базы. Сборник тезисов докладов «Гагаринские чтения-2020» с.788-789, МАИ, Москва, 2020.

### **Определение функциональных характеристик кислородной системы прерывной подачи кислорода**

Максимова И.Д., Рыбина А.С., Малышев А.Д.  
Научный руководитель — д.б.н. Матюшев Т.В.  
МАИ, Москва

Потенциальная опасность разгерметизации герметичной кабины (ГК) воздушного судна создает условия для обязательного использования кислородного оборудования и высотного снаряжения. Физиологическое обеспечение высотных полетов сводится к защите от гипоксии путем подачи необходимого количества кислорода и поддержания требуемого парциального давления в ГК, режима работы кислородной системы (КС) и физиологических потребностей организма летчика. Существующие КС рассчитаны на величину легочной вентиляции объемом до 32 л/мин.

Для маневренной авиации необходимо обеспечить избыточное давление в маске не только на высотах более 12 км, но и при действии больших и длительных перегрузок, при которых лёгочная вентиляция может увеличиваться до 50 л/мин. Это требует расширения функциональных возможностей кислородного оборудования регулированием респираторной и гемодинамической поддержки летчика. Таким образом, целью исследования является определения проектных параметров КС прерывной подачи кислорода.

Для решения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ принципов построения КС.
2. Определен состав и структура КС прерывной подачи.
3. Определены функциональные характеристики КС в зависимости от скорости подачи кислорода на дыхание.

4. Проведен расчет показателей газообмена на математической модели респираторной системы.

Таким образом, была определена оптимальная структура КС прерывной подачи кислорода и разработана методика определения проектных параметров. Проведены расчеты потребности скорости подачи кислорода, проходных сечений параметров трубопроводов и клапанов, функциональных характеристик пружинных групп узлов КС.

## **Анализ эколого-экономического эффекта от внедрения наилучших доступных технологий в цехе окраски на предприятиях аэрокосмической отрасли**

Милто Е.В., Салимгареева В.Р.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Метечко Л.Б.  
МАИ, Москва

Рост производства и потребления требует роста объема ресурсов. Знаменитый график из доклада Д.Медоуза «Пределы роста» предполагает сценарий развития взаимоотношения природы и общества падением численности населения со снижением производства из-за дефицита ресурсов и загрязнения. Деятельность человека — основа существования и источник загрязнения. Можно определить два направления в экологии: создание технологий, которые в наименьшей степени влияют на среду — идея безотходных производств и започки малоотходных производств, что экономят ресурсы для появления экономики замкнутого цикла.

НДТ охватывают технологии, направленные на сокращение выбросов, отходов и ресурсосбережение, которое лежит в основе циркулярной экономики. Для принятия управленческих решений по внедрению НДТ необходимо произвести оценку экономической эффективности. В условиях новых вызовов экономика нуждается в модернизации, которую могут обеспечить НДТ. Рассчитав эколого-экономическую эффективность с помощью динамичного метода, можно сделать вывод о рекомендации НДТ. Актуально исключение дорогих вариантов НДТ по сравнению с полученной экологической выгодой.

Предприятия сталкиваются с рисками — политическими, экономическими, производственными, экологическими рисками. Учет НДТ может привести к дополнительным рискам и финансовым потерям. Выбор наилучшей технологии основывается на оценке комплексного воздействия технологии на среду и затрат на ее внедрение. При выборе нужно учитывать затраты на производственный процесс, учитывая ущерб при работе в нормальных и аварийных условиях.

Экономические оценки вреда предполагают проекцию экологического ущерба, используя укрупненные результаты на основе сравнения размеров платы за загрязнение до и после внедрения НДТ.

Экологическое воздействие связано с потреблением ресурсов и повышением ресурсной эффективности, определяющая экономические результаты, не вызывает сомнений. На предприятиях система экологического менеджмента (СЭМ) в качестве показателей определяет снижение количества выбросов и количество отходов. Для оценки ресурсной эффективности можно использовать показатели потребления абиотических и биотических ресурсов, воды и воздуха (MIPS). Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) — инструмент оценки экологического воздействия технологий окраски.

Технологические операции окраски претерпели изменения и результаты ОЖЦ технологии подтверждают, что процесс на основе растворителя с твердыми частицами отвечает нормативам и обеспечивает снижение энергопотребления и парниковых газов, наименьший показатель глобального потепления.

В расчетах MIPS оценивалось потребление ресурсов и воздействие на воздух. В качестве рекомендаций для соответствия НДТ рекомендуется оптимизировать заполнение камеры деталями и применять роботы-манипуляторы для нанесения покрытий, что повысит ресурсную эффективность за счет одновременной окраски большего количества деталей и снижения потерь ЛКМ.

Рост экологической опасности аэрокосмической техники требует внимания к инновациям, позволяющих искать подходы к обеспечению безопасности. Одно из направлений — применение наилучших доступных технологий. Процесс окраски является сложным и состоит из множества шагов. Решения, принятые для одного процесса, могут повлиять на другие или на весь процесс. Некоторые решения могут быть несовместимы с технической и экономической точек зрения.

Поэтому элементом преобразований является экономическая составляющая, позволяющая идентифицировать целесообразность затрат. Выгода от трансформации формируется из доходов и предотвращенных издержек. НДТ -инструмент повышения конкурентоспособности экономики на базе трендов устойчивого развития, концепции ESG и зеленой экономики.

Список используемых источников:

1. Кочегарова Т.С., Копыльцова С.Е. Экологические аспекты антикризисного управления предприятием // Материалы IV Молодежного Экологического Конгресса «Северная Пальмира». — СПб: СПб НИЦЭБ РАН, 2012. — С. 318–321.
2. Медоуз Д., Рандерс А. Пределы роста. 30 лет спустя / Пер. с англ. — М.: ИКЦ «Академкнига». — 2007. — 342 с.
3. Метечко Л.Б. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Саарбрюкен, Германия, Lap Lambert Academic Publishing. — 2013. — 520 с.
4. Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Внедрение эколого-компенсационных систем по снижению антропогенных загрязнений прибрежных акваторий // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 2017. № 1. — С. 265-288.

### **Разработка неинвазивного технического устройства для диагностики состояния мышечных функций сердца у космонавтов в реабилитационном периоде после длительного пилотируемого космического полета**

Норов Р.З., Баранов М.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.  
МАИ, Москва

Организм человека претерпевает в ходе запуска космического аппарата перегрузки различных направлений, также в ходе длительного пребывания в условиях микрогравитации изменяются все системы организма, в частности, наибольшие изменения претерпевает сердечно-сосудистая система, которая отвечает за обеспечение всех органов космонавта кровью, насыщенную кислородом и дальнейшего газообмена в малом круге, богатую углекислым газом, чтобы испытатель мог нормально функционировать. Однако, в ходе пребывания в невесомости, организм космонавта адаптируется при воздействии неблагоприятных факторов.

Постоянный мониторинг состояния испытателя является одной из важнейших задач в предполетное, полетное и послеполетное время, уделяется большое внимание при внекорабельной деятельности. Несмотря на то, что в ходе космического полета, космонавты выполняют ежедневные тренировки, принимают различные препараты для поддержания организма, при возвращении на Землю требуется реабилитация.

Разработка устройства, которое могло бы способствовать для диагностики состояния мышц сердца после длительного пилотируемого полета необходимо для помощи в реабилитации.

Медицинский контроль, осуществляемый, в ходе всего испытания нуждается, помимо профилактики, в постоянном мониторинге состояния космонавта.

Основные цели и задачи, которые стоят перед техническим средством:

1. Разработка узлов и агрегатов, считывающих биопотенциалы сердечной мышцы для проведения нового неинвазивного диагностического анализа космонавта в реабилитационном периоде.
2. Диагностика состояния мышечных функций, путем параллельного снятия ЭКГ, реограммы с помощью датчиков — электродов, расположенных в 6 отведениях (для ЭКГ), электрода для реограммы.
3. Анализ полученных сигналов, сведений и диагностика с дальнейшими показаниями скорости восстановления мышечных функций сердца после длительного пилотируемого космического полета.

4. Обоснование к конструкции прибора, позволяющей получать точные, качественные и воспроизводимые данные, не только специалистом физиологом, но и самим космонавтом, не имеющим медицинского образования.

Список используемых источников:

1. М.С. Баранов, Л.Б. Строгонова «Методы математического моделирования при определении положения центра тяжести с учетом перераспределения крови в нижних конечностях у космонавтов в эксперименте «Стабило».

2. Р.М. Баевский, И.И. Фунтова, Е.С. Лучицкая «Некоторые особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к длительному и безопасному пребыванию в невесомости».

## **Разработка телемедицинского модуля обследования зрения для медицинского контроля в условиях обитаемой Лунной базы**

Острикова А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Васин Ю.А.

МАИ, Москва

При постоянном развитии медико-биологического контроля важной задачей является изучение воздействия космических факторов на организм человека, а также разработка рекомендаций для повышения работоспособности экипажа космических экспедиций.

Во время космического полета задачи космонавтов связаны с операторской деятельностью, приемом и переработкой информации, проведение исследований, контроль бортовой аппаратуры и управление. За последние несколько лет у участников длительных пилотируемых экспедиций были обнаружены нарушения зрительной системы после возвращения, поэтому изучение влияния негативных факторов полета на органы зрения человека является актуальной темой.

Целью данного доклада является анализ динамических изменений зрительной системы космонавта в условиях пониженной гравитации и разработка телемедицинского модуля обследования зрения, для обеспечения безопасности длительных полетов, а также контроля состояния космонавтов вовремя и после КП.

При воздействии микрогравитации на организм человека в условиях длительного космического полета происходит перераспределение жидкостных сред, в следствие снятия гидростатического давления жидкостей. В результате увеличивается кровенаполнение структур и органов головы и шеи, в том числе сосудистой оболочки глаза, из-за чего происходит уменьшение внутриглазного объема. И как следствие, изменяется давление на стенки глаза, отекает хориоидальная оболочка глаза, увеличивается ее толщина. Под действием этих факторов у нескольких космонавтов были зафиксированы следующие нарушения: отек диска зрительного нерва, уменьшение длины оси глазного яблока, изменение скорости кровотока, гиперметропийный сдвиг рефракции. Также большое влияние на прозрачность хрусталика в условиях длительного космического полета оказывает радиационный фактор. Данные нарушения приводят к снижению остроты зрения космонавта и могут повлиять на эффективность выполнения основных задач экспедиции.

Обследование органов зрения в условиях пониженной гравитации предлагается при помощи телеофтальмологического модуля, который представлен в качестве экспериментального прибора с функцией бесконтактной тонометрии и сканирования глазного дна. Предлагаемое оборудование с методикой проведения регулярных обследований позволяет отследить динамические изменения внутриглазного давления и оценить функционирование зрительной системы. По изображению глазного дна при помощи индиг-диагностики получают данные о цвете, размере, очертании сетчатки, сосудов и диска зрительного нерва. Самое незначительное изменение конкретного показателя может свидетельствовать о патологии офтальмологического или системного характера.

Разрабатываемая методика обследования зрения при помощи телеофтальмологического модуля в условиях обитаемой Лунной базы поможет совершенствовать этапы медико-биологический контроля и оценки состояния зрительной системы космонавта для

обеспечения безопасности в длительных КП, а также продолжить изучение влияния факторов полета на организм и их возможной компенсации.

Список используемых источников:

1. Валях М.А., Баева Н.Г. Изменения зрительного анализатора, происходящие в результате космического полета // Клиническая офтальмология. 2019.
2. Emily S. Nelson, Lealem Mulugeta, Jerry G. Myers, Microgravity-Induced Fluid Shift and Ophthalmic Changes // Life, 2014.
3. Астахов Ю.С., Тургель В.А. Телемедицина в офтальмологии. Часть 1. «Общая телеофтальмология» // Офтальмологические ведомости. 2020.

## **Перспективы использования коронарных стентов во время длительных космических полётов**

Первых Г.В.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Белозёрва И.Н.

МАИ, Москва

Успешное выполнение программы полёта зависит от физического состояния членов экипажа в экстремальных условиях длительного космического полёта (ДКП). Задачи, выполняемые в условиях космического полёта, связаны с повышенным риском и факторами, ведущими к образованию и развитию различных отклонений в организме человека.

Одной из систем человека, наиболее подверженной влиянию факторов КП, является сердечно-сосудистая система человека. Вследствие микрогравитации оказывается многогранное влияние на основные параметры, отвечающие за механику кровеносных сосудов: давление (внутреннее и внешнее), а также геометрия и эластичность сосуда. В ходе многочисленных наблюдений и исследований было установлено, что при воздействии на систему микрогравитации имеет место небольшое смещение положения сердца в грудной клетке. При ДКП также наблюдается морфологическое изменение сердца — оно приобретает округлую форму. Это оказывает влияние на эффективность его работы.

В условиях космоса также подвержена изменениям костная система человека. Доказано, что при ДКП происходит изменение состава костной ткани. Было подтверждено, что в течение четырех-шести месяцев космического полета маркеры резорбции кости были заметно выше, чем до полета. Баланс кальция в костях был значительно более отрицательным во время полета, чем до полета. Данные показали, что потеря костной массы вызвана повышенной резорбцией костной ткани и снижением всасывания кальция в кишечнике. Подобные изменения впоследствии приводят к увеличению содержания кальция в крови, что в свою очередь может привести к кальцинозу стенок сосудов.

Также при ДКП существует риск возникновения тромбозов, так как изменения условий внешней среды, такие как микрогравитация, гипоксия, изменение внешнего давления, ведут к замедлению кровотока, повышению свертывающей способности крови и повреждению сосудистой стенки. В результате тромбозов кровотока в сосуде прекращается, возникает ишемия ткани.

Вышеуказанные изменения увеличивают риск возникновения опасных для жизни ситуаций. При возникновении острых проблем, связанных с нарушениями в работе сердца, требуется незамедлительная эвакуация человека на Землю, однако при ДКП или межпланетных миссиях это является трудновыполнимой задачей. Спуск с МКС на Землю занимает около 3 часов. Данного времени может не хватить для оказания необходимой

помощи космонавту. Таким образом, возникает потребность в оказании помощи в условиях космического полёта.

Одним из наиболее эффективных методов оперативной помощи в борьбе с последствиями сердечно-сосудистых заболеваний является стентирование. Данный метод предполагает расширение пораженных участков сосуда с помощью стента — металлического каркаса определенного диаметра, который, расширяясь специальным баллоном, вжимается в стенки сосуда и увеличивает его просвет для восстановления

проходимости в сосуде. Данная операция занимает не более 30 минут с учётом введения рентгеноконтрастной жидкости пациенту.

Таким образом, в ходе работы показано, что при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с серьёзными нарушениями в работе сердца, можно многократно повысить вероятность спасения человека, что является важнейшей задачей при космическом полёте.

Список используемых источников:

1. Donnelly E, Meredith DS, Nguyen JT, et al. Bone tissue composition varies across anatomic sites in the proximal femur and the iliac crest. *J Orthop Res.* 2012;30:700–6.
2. Носков В.Б., Ничипорук И.А., Васильева Г.Ю., Смирнов Ю.И. Состав тела человека при длительном пребывании в невесомости // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2015. Т.49. №1.С. 19-25.
3. Ревел П.А. Патология кости: Пер. с англ. / П.А. Ревел. — М.: Медицина, 1993 — 368 с.

## **Оценка влияния комплексного поступления несимметричного диметилгидразина в ареалах космодрома Байконур**

Салимгареева В.Р., Милто Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

На сегодняшний день внимание, уделяемое проблемам охраны окружающей среды в процессе освоения космоса актуально. Космическая деятельность является одной из наиболее востребованных и наукоёмких областей человеческой деятельности. Безусловно, стремительно развивающаяся ракетно-космическая деятельность не могла не создать большое количество проблем как для здоровья населения, так и для окружающей среды в целом.

С космодрома Байконур ежегодно стартуют десятки ракет, в том числе на высокоокисном гептиле, который при окислении образует токсиканты.

Актуальность создания системы экологического регулирования РКД Байконура обусловлена расположением космодрома и территорий падения первых ступеней и многофакторным воздействием запусков по экосистемам.

Основной вид топлива, использующийся для запусков с космодрома «Байконур» — это несимметричный диметилгидразин (НДМГ) (гептил).

НДМГ как топливо используется для запусков ракет-носителей Протон с 1961 года, которые применяют для выведения полезных нагрузок на околоземные орбиты и отлетные траектории. Сегодня гидразин не устраивает ни с точки зрения экологической безопасности, ни по удельному импульсу двигателей. При этом запуски ракеты проводятся только с Байконура, соответственно, нагрузка на экосистему выбросами ложится на территорию Казахстана. Поэтому следует искать пути и методы уменьшения последствий до момента падения ракеты.

В промышленности НДМГ получают из диметиламина в две стадии. НДМГ — это бесцветная желтоватая жидкость с резким запахом, который обычно характерен для аминов с токсичными парами.

Гидразин относится к I классу опасности, а также обладает способностью к кумулятивности.

Существуют четко установленные ПДК для гептила: в воде — 0,02 мг/л, в почве — 0,1 мг/л. Для атмосферы пары гептила по максимально разовой 0,001 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточной — 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

Рационально предполагать, что ориентация на ПДК не несёт в себе полной картины химической нагрузки на человека, не может охарактеризовать реальную гигиеническую обстановку в загрязненных районах и определить степень опасности проживания в таком месте населения.

Поэтому потребовалась усовершенствование методологии и приведение к единой количественной оценке опасности при воздействии химических загрязнителей на человека, основанную на критерии допустимой суточной дозы (ДСД).

Основным количественным параметром при обосновании ДСД служит пороговая доза, которая устанавливается с учетом неспецифических и специфических эффектов и относится к «фактору неопределенности».

Следующим параметром является «фактор неопределенности», который учитывает поправки, обусловленные степенью изученности биологического действия вещества. Различия в сроках эксперимента и несоответствиями с продолжительностью жизни человека.

Основным принципом методики оценки опасности комплексного поступления НДМГ на основе ДСД является сопоставление суммарной фактической суточной дозы токсиканта, попадающей в организм из различных объектов ОС, с допустимой суточной дозой, то есть в основу нормирования положено соотношение фактической суточной дозы за сутки из разных сред, с допустимой суточной дозой (ДСД).

Величина этого соотношения характеризует степень опасности/степень дозового риска поступления НДМГ в организм людей, которые проживают на исследуемой территории.

Сегодня существует несколько методик по обнаружению гептила, результаты зависят и от самого места забора проб. На основе официальных заборов следы гептила в почве, воде и атмосфере ниже уровня ПДК. Причина может быть в трудности изучения гептила в природной среде.

У загрязненных топливом районов методы очистки можно разделить на физические и химические. Физические основываются на снижении концентрации вещества за счет его удаления и на уменьшении скорости перехода вещества в ОС или изоляции вещества в материале. Химические базируются на снижении концентрации токсиканта путём его разложения до нетоксичных или малотоксичных продуктов. Суть снижения токсичности заключается в подаче в баки ракет 20 % раствора формалина, что приводит к 100%-му уничтожению несимметричного диметилгидразина путем превращения в диметилгидразон формальдегида за один цикл обработки до пяти секунд. Следующей фазой является его ликвидация путем добавления в баки уксусной кислоты, вызывающей его димеризацию в бисдиметилгидразон глиоксаля и полимерную массу за минуту.

Подводя итог, можно сказать, что руководство Роскосмоса осознаёт важность полного отказа от топлива НДМГ, но в настоящее время полностью свести на нет использование этого топлива в космической и военной сфере деятельности пока невозможно.

Список используемых источников:

1. Сергеева А. В. / Анализ влияния ракетно-космической деятельности на окружающую среду / А. В. Сергеева ГОУВПО «Московский государственный университет сервиса» — Ж.: Сервис в России и за рубежом выпуск 4, 2007 — 15 с.

2. МУ 1.2.39-2003. 1.2. Гигиена, токсикология, санитария. Оценка опасности комплексного поступления несимметричного диметилгидразина с воздухом, водой, продуктами питания на основе допустимой суточной дозы (ДСД). Методические указания» (утв. Минздравом России 23.06.2003)

3. Жубатов Ж. К. Экологический мониторинг территорий, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности космодрома Байконур/ Жубатов Ж. К, Агапов О.А., Степанова Е.Ю. Казахстанский путь в космос: реалии и перспективы, 2017

4. Салимгареева В.Р. «Анализ экологических последствий применения ракетно-космической техники»/Международная научно-техническая конференция «Научная сессия ТУСУР-2020», г.Томск — с. 212-215. УДК.504.064.

## **Подходы к моделированию техносферного воздействия ракеты-носителя на высокотоксичных компонентах ракетного топлива на окружающую среду**

Сладкова Е.А., Рямова С.А., Асанов С.Т.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лушпа Е.Ю.

МАИ, Москва

В современной космической индустрии активно используются ракеты космического назначения с ракетой-носителями на высокотоксичных компонентах ракетного топлива. Данный тип ракета-носителей позволяет решать военные, научные, информационные и многие другие задачи, появляющиеся в ходе научно-технического прогресса.

Применение ракет-носителей, при эксплуатации которых в качестве компонентов ракетного топлива используются несимметричный диметилгидразин и азотный тетраоксид (первый класс опасности), обуславливается высокой плотностью топливной пары (в сравнении с парой кислород и керосин), а также способностью самовоспламениться. Однако, несмотря на преимущества пары НДМГ и АТ, в ходе длительной эксплуатации было доказано их токсичное и канцерогенное воздействие на атмосферу, гидросферу и почвенно-растительный покров, не только в местах падения отделяющихся частей ракеты-носителей, но и на этапах старта с космодрома и полета.

В работе учтены факторы как при наземной подготовке к пуску, на этапах старта, полета.

Проведена оценка охраны атмосферного воздуха, охраны и рационального использования водных ресурсов, химического загрязнения почвенно-растительных покровов, оценка акустического воздействия.

Актуальность данной работы обуславливается тем, что ракета-носители на высокотоксичных компонентах ракетного топлива имеют большой конверсионный потенциал в свете планов перевооружения Ракетных войск стратегического назначения на современные комплексы. Кроме оценки воздействия самой ракеты-носителя проведена также оценка воздействия разгонного блока на токсичных компонентах ракетного топлива «Бриз-КМ» на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу и почвенно-растительный покров) на всех этапах штатной эксплуатации ракет космического назначения, а также оценить риски, появляющиеся при возникновении нештатных ситуаций и аварий.

Список используемых источников:

1. Болдырев К.Б. Ракеты-носители: учебник / К.Б. Болдырев, В.А. Грибакин, А.Ю. Карчин, С.Ю. Пирогов, А.Э. Султанов — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018.- 390 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие под ред. Лушпа Е.Ю. — Балашиха: ВА РВСН, 2017. — 296с.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): Учебник. 4-е издание., перераб и доп. М.: ИД «Юрайт», 2013

## **Неинвазивный метод измерения концентрации гормонов в режиме реального времени**

Ульянкин А.И., Сафронова К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, Москва

Длительные космические полеты предполагают долгое нахождение в ограниченном пространстве и изоляцию. Факторы эмоциональной депривации в процессе пилотируемого космического полета могут негативно повлиять на работоспособность экипажа. Все эти факторы являются стрессовыми для организма человека. В общей совокупности они приводят к психоэмоциональному перенапряжению человека, что ухудшает его самочувствие. Подобные состояния особенно опасны при выполнении задач в условиях неопределенности и экстремальных ситуациях, с которыми сталкиваются космонавты. В докладе рассматривается разработка и применение прибора для определения концентрации кортизола, как метода контроля психоэмоционального состояния человека в

условиях космического полета. Проводится анализ возможности создания прибора для неинвазивного оперативного измерения концентрации гормона кортизола в условиях космического полета.

Кортизол ( $C_{21}H_{30}O_5$ ) имеет пять важных кислородсодержащих узлов связывания (гидроксильная или кетонная группа) в положениях  $C_3$ ,  $C_{11}$ ,  $C_{17}$ ,  $C_{20}$  и  $C_{21}$ . Было обнаружено, что атом кислорода (в положении  $C_3$ ) молекулы кортизола взаимодействует с MeTPP (металлопорфирином) через его центральный ион металла. Впоследствии, во время переходного состояния, атом кислорода кортизола перемещался к катализатору ионов металлов с образованием связи Me-O. Было обнаружено, что среди всех MeTPP (металлопорфиринов) CuTPP (металлопорфирин меди) обладает самой высокой активностью в отношении кортизола.

Используются электроды с трафаретной печатью, характеризующиеся тем, что позволяет быстро проводить анализ *in situ* с высокой воспроизводимостью, чувствительностью и точностью.

Проведенные в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (на каф. 614) теоретические, математические и экспериментальные исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Существует реальная возможность технологической реализации адаптированного новейшего электрохимического метода определения концентрации кортизола.

2. Математическое моделирование процесса позволяет сделать заключение, что применение метода возможно в условиях измененной гравитации при условии, что количество вещества не более 0,72 мл. Предполагаемая точность метода 95-98%.

3. Экспериментальные исследования показали, что методика является перспективной в плане доработки будущего прибора, однако, на текущий момент она применима только для здоровых людей без гормональных нарушений. В перспективе, при внесении соответствующих коррективов, она может использоваться в космических полетах.

Рассмотренные метод и методика в перспективе может быть использованы для создания бортового прибора при участии Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова и Ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С. П. Королёва.

Список используемых источников:

1. Егоров А.Д. Теория и методологии медицинского контроля в длительных космических полетах // Актовая речь Российской Академии Наук Институт медико-биологических проблем // Москва 2001 г.

2. Guido G.Urizar Jr., Hugo Sanchez Hernandez, Jessica Rayo, Shekhar Bhansali. Validation of an Electrochemical Sensor to Detect Cortisol Responses to the Trier Social Stress Test // *Neurobiology of Stress* Volume 13, 2020

3. Строгонова Л.Б. Медицинский контроль состояния жидких сред организма человека в экстремальных условиях космического полета: диссертация ... доктора технических наук : 05.26.02, 14.00.32. — Москва, 2002. — 199 с.

## **Разработка электронной менструальной чаши и ее потенциальное применение в космосе**

Фукачик Т.С.

Научный руководитель — доцент, Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

Проблема стигматизированности менструации всегда была препятствием для космонавтов. Отсутствие актуальных исследований и возможности их проводить толкало ученых на предположения о том, что менструация в космосе может быть опасна для жизни. Долгие годы неизведанность данной темы становилась причиной отказа женщинам для полетов в космос, но даже после принятия неизбежности первого шага продолжали происходить конфузы.

На протяжении всей истории космонавтики для контроля менструального цикла женщин применяется два основных способа: медикаменты и гинекологические тампоны, каждый из которых вызывает свои побочные трудности. Обычная менструальная чаша могла бы стать хорошей заменой вышеописанным средствам - она надежно закрепляется между влагоращными стенками и оправдала себя многочисленными медицинскими исследованиями. Но проблема возникала бы при ее извлечении. Благодаря законам физики, гинекологический тампон может стать центром притяжения менструальной жидкости и при правильной утилизации вред системам жизнеобеспечения может быть нанесен лишь несколькими каплями. Менструальная чаша же выукла, она не находится в состоянии окружения кровью. Поэтому в работе предлагается альтернативный способ: электронная менструальная чаша с автоматической системой очистки. Рассматривается проблема повышения эффективности работы космических менструальных средств гигиены за счет внедрения нового механизма сбора и утилизации менструальной жидкости.

Цель исследования — разработка электронного устройства на основе многоразовых менструальных чаш, способного заменить современные средства менструальной гигиены для женщин, находящихся при исполнении космической миссии.

Методология: описательный метод, сравнительный анализ, систематизация, классификация. В исследовании применялись основные положения методологии гигиены, теория биотехнического проектирования, а также теория алгоритмов и компьютерного зрения. Основное внимание уделено изложению концепции работы устройства, меньшее — способам его технической реализации. Автор допускает возможность корректировки идеи для повышения эргономических показателей.

Новизна исследования заключается в том, что на сегодняшний день не существует исследований, предлагающих использование менструальных чаш космонавтками.

Обзор научных публикаций показывает, что на данную тему исследования проводятся крайне неактивно. Так, большинство из работ, посвященных изучению менструальных чаш, являются работами по сбору статистики, а не исследованию работы чаш [6][7]. Но даже если статья и исследует непосредственное функционирование менструальной чаши, как, например, в работе Горпенко А. А. [1], то такие исследования предполагают изучение влияния чаш на женский организм в условиях нахождения на Земле, а не в космическом пространстве.

Таким образом, можно сделать вывод, что все поставленные цели достигнуты. Представленные в статье результаты позволили предложить высокоэффективную альтернативу средствам менструальной гигиены, используемым в современной космонавтике. Эффективность описанного устройства продемонстрирована в сравнительной таблице. Результаты представлены в виде совокупности чертежей устройства, кода программы, обеспечивающего работу устройства, и описание опытного образца, разработка которого предполагается в последующих работах.

По сравнению с известными менструальными средствами гигиены, новое техническое решение позволяет повысить качество условий пребывания космонавток в космическом пространстве. Это происходит благодаря тому, что новое устройство не требует механической утилизации менструальной жидкости, а в некоторых вариациях позволяет производить автоматическую дезинфекцию менструальной чаши без извлечения из влагалища.

Список используемых источников:

1. Горпенко А. А., Применение менструальной чаши в качестве средства личной гигиены современной женщины, Журнал «Проблемы современной науки и образования», Оренбург, 2017

2. «Periods in Space Are Not That Different, Though a Bit More Complicated», URL: <https://www.nytimes.com/2016/04/22/science/periods-in-space-are-not-that-different-though-a-bit-more-complicated.html> (Дата обращения: 18.11.2022)

3. «Menstrual Cups are Becoming More Popular and Here is Why», URL: <https://www.caryobgyn.com/menstrual-cups-are-becoming-more-popular-and-here-is-why/> (Дата обращения: 10.01.2023)

## Модернизация систем кондиционирования

Шмагина Ю.В., Кажайкина П.С., Николаев А.С.  
Научный руководитель — Назарова М.А.  
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

С запуском в космос Юрия Алексеевича Гагарина 12 апреля 1961 года началась эра пилотируемой космонавтики. За последние 60 лет ракетно-космическая отрасль сделала большой шаг вперёд. Современные космические аппараты очень сильно отличаются от аппаратов начала 60х годов.

Но некоторые проблемы либо не решены, либо решены не до конца. К ним относится: проблема кондиционирования обитаемых космических аппаратов — шум фильтровентиляционных установок, который негативно влияет на психику, а в конечном итоге на работоспособность и здоровье космонавтов.

Цель работы: Модернизация системы кондиционирования, во избежание серьезных психологических и биологических проблем космонавтов.

Во время первого полета Юрия Гагарина, у него уже была система кондиционирования, без нее живой организм был бы обречён на смерть. Данные системы кондиционирования были индивидуальными и находились в скафандрах.

К недостаткам систем кондиционирования относятся: ограниченный срок действия систем кондиционирования в связи с использованием регенерируемых химических компонентов, которые после насыщения продуктами теряют свои функциональные свойства; продукты жизнедеятельности космонавтом и органические отходы утилизируются, а не пускаются в дальнейшую переработку; сильный шум вентиляционных систем из-за аэродинамического несовершенства лопастей.

Проблемы надо решать не заменой одной системы кондиционирования на другую, а совмещением механической системы с биологической, в результате получаем биомеханическую (интегрирование двух систем кондиционирования).

В борьбе за экологически чистое будущее немало внимания уделяется проблеме переработки отходов жизнедеятельности человека.

Технологии, которые позволяют переработать отходы с помощью различных биохимических методов, перерабатываются в топливо, способное отапливать местность. Утилизация продуктов жизнедеятельности экипажей космических кораблей и станций в космосе является достаточно сложной операцией, отходы обезвоживаются, замораживаются и сбрасываются на Землю, где они сгорают. Почему бы не получить от этих отходов лишнюю энергию или топливо для двигателей космических аппаратов?

Нынешняя система кондиционирования представляет собой совокупность механической и химической частей.

Механическая часть представляет собой вентиляционную систему: набор вентиляторов и фильтров, которые позволяют создавать движение газовой смеси (перемешивать газовый состав воздуха) во всем объёме станции.

Химическая часть отвечает за таблетки и сорбенты, поглощающие  $\text{CO}_2$  и выделяющие кислород. Углекислый газ собирается, фильтруется, затем расщепляется с помощью реакции Сабатье, электролиза полученной воды, после чего кислород поступает обратно, метан (второй продукт реакции Сабатье) расщепляется обратно на углерод и водород.

Химическую систему предлагается оставить на аварийный вариант и заменить ее биологической системой, предназначенной для регенерации воды и воздуха, а также для переработки продуктов жизнедеятельности космонавтов и остатков пищи.

Биологическая система будет представлять собой контейнеры, наполненные водорослями, которые смогут преобразовывать  $\text{CO}_2$  в  $\text{O}_2$ , очищать загрязнённую  $\text{H}_2\text{O}$ . В дальнейшем водоросли могут использоваться в пищу космонавтам как самостоятельный продукт или добавка.

Для улучшения механической системы предлагается усовершенствовать лопасти вентиляторов, повысить качество обработки лопастей и изменить форму лопасти, чтобы уменьшить аэродинамический шум.

Для того, чтобы создать замкнутую биологическую систему, нужно перерабатывать воздух и грязную воду, вместо того, чтобы утилизировать их.

Системы водоснабжения. Предоставляют экипажу космического корабля чистую воду, пригодную для использования в научных целях и для жизнеобеспечения. После использования вода попадает в систему регенерации. Та вода, которую можно использовать в дальнейшем, проходит очистку, фильтруется и снова попадает в баллоны. Вода, очистка которой невозможна или слишком трудоемка, попадает в системы электролитической генерации кислорода, где и разлагается.

Системы регенерации воздуха. Предлагается контейнер, в котором выращиваются растительные культуры (водоросли), способные к фотосинтезу, а также пригодные для питания. С помощью данной конструкции, в нашем случае хлорелла, сможет обеспечить человеку получение кислорода, а также удовлетворить одну из главных биологических потребностей — питание экипажа.

Более экологическим путем является не утилизация продуктов жизнедеятельности, а их переработка. Все органические отходы (остатки пищи и прочее) будут сбрасываться в биореакторе (не менее 12 суток), после чего использовать как удобрение в субстратах для выращивания растений, которые в свою очередь используются в качестве пищи и выделяют кислород.

Таким образом в проекте представлены два варианта модернизации системы кондиционирования: химико-механическая и биотехнологическая.

Список используемых источников:

1. Афанасьев И., Воронцов Д. «Мы — первые!» / Афанасьев И., Воронцов Д. М.: Изд-во «РТСофт», 2011
2. Шишелова Т.И., Малыгина Ю.С., Нгуен Суан Дат ВЛИЯНИЕ ШУМА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА // Успехи современного естествознания. — 2009. — № 8. — С. 14-15;
3. Пронина Г. И. Использование особенностей фотосинтеза диатомовых водорослей для управления кислородным режимом неспускных водоемов / Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина, П. В. Терентьев, А. П. Буртовой // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2014. № 50. С. 158-160.

# Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

## Секция №6.1 Роботизация

---

### Повышение устойчивости полета БПЛА путем настройки коэффициентов автопилота в реальном времени

Арефин В.В.

Научный руководитель — к.т.н. Бодунков Н.Е.

МАИ, Москва

В работе рассматривается воздушный старт БПЛА с ЛА носителя. Такой подход позволяет существенно повысить эффективность авиационных средств в задачах мониторинга и доставки грузов [1]. Проблема воздушного старта заключается в том, что на беспилотник воздействуют турбулентные воздушные потоки, создаваемые носителем, что в свою очередь может привести к неустойчивости контура управления при неправильно выбранных параметрах автопилота.

При запуске беспилотного летательного аппарата необходимо выбрать коэффициенты автопилота, обеспечивающие его устойчивость. Обычно необходимые параметры выбираются в зависимости от начальных условий запуска БПЛА — режима полета. В таком случае для каждого режима из фиксированного набора начальных условий имеется набор коэффициентов автопилота, который обеспечивает устойчивый полет. Однако, существуют начальные условия, при которых БПЛА находится на границе устойчивости. В таком случае при неправильном определении начальных условий (например, из-за ошибок бортовых датчиков), могут быть выбраны коэффициенты, при которых в данных условиях полет будет неустойчив. Поэтому, возникает необходимость в изменении коэффициентов автопилота во время полета. Целью данной работы является повышение устойчивости полета БПЛА за счет подстройки коэффициентов автопилота в реальном времени.

В работе в качестве начальных условий рассматриваются высота и скорость ЛА носителя. В результате экспериментов были подобраны параметры, которые обеспечивают устойчивость для четырех областей начальных условий. Каждая область включает в себя множество режимов полета. Для этого проводилось моделирование начального этапа полета БЛА для всех режимов при различных коэффициентах автопилота.

В данной работе предлагается распознавать области начальных условий на основе анализа переходных процессов полета БПЛА в реальном времени с помощью нейронной сети [2]. Предложена структура сети с двумя входами, образующими две параллельные ветви. На вход первой ветви поступает вектор измерений, полученный к определенному моменту времени. В качестве входа второй ветви используются параметры автопилота, с которыми был запущен БПЛА. Затем эти ветви объединяются и подаются на вход полносвязного слоя, который осуществляет классификацию. Выходом нейронной сети являются достоверности принадлежности переходного процесса к каждой из областей начальных условий.

Обучение и тестирование работы алгоритма показало, что точность распознавания разработанной нейронной сети составила 0.967. Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения разработанного алгоритма для повышения устойчивости полета БПЛА. В дальнейшем предполагается исследование возможности переключения коэффициентов БПЛА во время полета, а также анализ максимального времени, после которого возможно такое переключение.

Список используемых источников:

1. Аникин В. А., Ким Н. В., Носков В. П. Особенности воздушного старта БЛА с вертолетного носителя / Материалы XVII Всесоюзной науч. практ. конф. Перспективные системы и задачи управления. — Таганрог: Изд-во ЮФУ. 2022. С. 413–415.
2. H. Kun, Yu. Dong, I. Tashev. Speech emotion recognition using deep neural network and extreme learning machine, proceedings of INTERSPEECH. ISCA. — Singapore. 2014. pp. 223-227

## **Анализ ситуации на основе нейронной сети Transformer**

Гиренко Д.С.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Ким Н.В.

МАИ, Москва

Рассматривается задача классификации ситуаций на основе анализа принимаемой видеопоследовательности.

Анализ ситуации используется в широком спектре задач видеоаналитики. Выбор методологии проведения анализа ситуации требует определить составляющие каждой ситуации. Как сказано в статье [1] ситуационная осведомленность включает в себя осознание процессов в окружающей среде, с целью понимания, как информация, события и собственные действия повлияют на цели и задачи в текущий и ближайший момент.

Согласно [2] в этом понятии выделяются три основных элемента: а) формирование информации об окружающей ситуации во времени и пространстве; б) понимание значения ситуации и в) прогнозирование развития ситуации, собственных действий и действий других участников.

Типичным примером информации, содержащей как временную, так и пространственную составляющие является видеозапись.

Во многих случаях анализ ситуаций, проводимый в рамках повышения ситуационной осведомленности [3], основан на исследовании статичных событий с небольшим количеством подвижных объектов. При визуальном анализе могут использоваться изображения наблюдаемых сцен в режиме постобработки произошедших событий [4]. Однако подобный анализ и дальнейший прогноз развития ситуаций может дать ошибочные результаты, так как не учитывает динамику предшествующих событий.

Широкое внедрение современных систем наблюдения, включая системы авиационного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов в качестве носителей систем наблюдения, позволяет во многих случаях получать видеоматериалы развития ситуаций в реальном времени и прогнозировать их развитие.

Целью настоящего исследования является повышение эффективности действий, направленных на ликвидацию последствий нежелательного развития ситуаций.

Возможны различные подходы при формировании классов, входящих в рабочую классификацию. В более общем случае при формировании алфавитов классов ситуаций необходимо учитывать: возможные варианты развития ситуаций и имеющиеся ресурсы управления.

В данной работе в качестве демонстрационного примера рассматриваются ситуации на улице, связанные с поведением пешеходов. Выделены следующие классы ситуаций:

1) Класс — штатная ситуация. Признаки ситуации: количество подвижных объектов (пешеходов) и векторы движения находятся в допустимых (для данной наблюдаемой сцены) пределах (допусках).

2) Класс — нештатная ситуация «несчастный случай». Признаки ситуации: один или несколько объектов принимают горизонтальное положение; векторы смещения одного или нескольких объектов принимают нулевые значения.

3) Класс — нештатная ситуация «драка». Признаки ситуации: векторы смещения одного или нескольких объектов принимают значения, соответствующие данному классу.

4) Класс — нештатная «неопределенная». Признаки ситуации: векторы смещения одного или нескольких объектов принимают значения, выходящие за пределы, соответствующие классу «Штатная ситуация». Класс ситуации не определен.

По аналогии с рекуррентными нейронными сетями трансформеры предназначены для обработки последовательностей.

Рассматривается сценарий наблюдения, когда параметры видеокамеры, с которой осуществляется съемка известны, видеокамера неподвижна. Предлагается следующий алгоритм решения задачи классификации ситуации:

- 1) Формирование алфавита классов.
- 2) Получение видеозаписи.
- 3) Трекинг объектов посредством сети трансформера.
- 4) Выделение параметров движения объектов.

5) Параметры движения подаются на вход в многослойный перцептрон, который осуществляет привязку наблюдаемой ситуации к одному из ранее определенных классов.

Список используемых источников:

1. Фридман А., Кулик Б. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ В СИСТЕМЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ / А. Фридман // Системный анализ в инженерии и управлении. 2019. № 3. С. 449-460.

2. Абросимов В., Хейден М. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ В ГРУППЕ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ В УСЛОВИЯХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УГРОЗ / В. Абросимов // ИЗВЕСТИЯ ЮФУ. ИНЖЕНЕРНЫЕ НАУКИ. 2010. № 3 (104). С. 14-20

3. Эндсли М., Джонс Д. Проектирование для информирования о ситуации — авиационная перспектива / М. Эндсли // CRC Press. 2016. С. 1-13

4. Ким Н., Червоненкис М. Ситуационный контроль беспилотных летательных аппаратов для мониторинга дорожного движения / Н. Ким // Современная прикладная наука. 2015. № 9(5). С. 1-13

### **Программно-аппаратный комплекс пространственного сканирования в задачах автоматизации измерений**

Дроздов М.А.

Научный руководитель — Перчихин О.И.

МАИ, Москва

Большинство экспериментальных установок для измерения физических величин требует обеспечения позиционирования чувствительного элемента на фиксированном расстоянии от объекта исследования. Однако, зачастую разметка области пространственного сканирования осуществляется в ручном или в полуавтоматическом режиме, что требует значительных временных затрат. Применение RGBD-камеры позволит автоматизировать процесс подготовки к проведению эксперимента.

Основной областью применения промышленных RGBD-камер является добавление возможности стереозрения в системы дополненной реальности, виртуальной реальности и робототехники. Данное техническое решение функционально состоит из модуля измерения глубины, формирующего облако точек, совмещенного с камерой оптического диапазона, что позволяет получить как фотореалистичную трехмерную модель объекта, так и обрабатывать получаемые с камеры информационные потоки независимо друг от друга.

Разработанное прикладное программное обеспечение, реализованное в среде виртуальных приборов LabVIEW, позволяет определить координаты, связанные с рабочей областью измерительного комплекса по построенной из облака точек трехмерной модели, формировать и осуществлять передачу данных в систему позиционирования.

Благодаря особенности реализации, а именно модульности, данный программно-аппаратный комплекс может быть использован как отдельная подсистема пространственного сканирования при его интеграции в состав информационно-измерительных систем, где необходимо позиционировать чувствительные элементы в трехмерном пространстве координат.

## **Определение угла наклона необорудованной посадочной площадки беспилотного воздушного судна вертолетного типа на основе априорной информации цифровой карты местности**

Ермаков П.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Евдокименков В.Н.

МАИ, Москва

Сегодня одними из перспективных задач для беспилотного воздушного судна (БВС) являются: доставка грузов в удаленные районы, помощь людям, терпящим бедствие в труднодоступной местности и др. При решении вышеперечисленных задач, а также в случае нештатной ситуации на борту БВС нужно реализовывать автоматическую посадку БВС на необорудованный вертодром.

Под необорудованным вертодромом понимается такой, который удовлетворяет следующим требованиям [1, 2]:

Ширина и длина вертодрома: не менее  $1,5D$  м ( $D$ – диаметр несущего винта БЛА роторного типа);

Угол наклона вертодрома к горизонту должен быть не более  $10^\circ$ ;

Прочность земной поверхности не менее  $3 \text{ кгс/м}^2$ ;

Отсутствие растительности в виде деревьев и кустарников и др. посторонних предметов на поверхности вертодрома;

Неровности на поверхности вертодрома не должны превышать 100 мм под трехметровой рейкой, укладываемой в зоне прохода опор воздушного судна;

На удалении от края вертодрома до  $1,5D$  м за его пределами не должно быть препятствий с высотой, превышающей 1 м.

Рассматривается задача определения угла наклона необорудованной посадочной площадки БВС вертолетного типа на основе использования априорной информации о районе полета БВС в виде цифровой карты местности (ЦКМ). При решении данной задачи предполагается, что ЦКМ содержит систематическую и случайную ошибку в показаниях высоты рельефа точки интереса на поверхности Земли. Опишем методику определения угла наклона необорудованного вертодрома:

Так как необорудованный вертодром может располагаться произвольным способом на ЦКМ, необходимо произвести предварительный поиск потенциальных посадочных площадок. Результатом работы данной процедуры является список потенциальных необорудованных площадок, удовлетворяющих требованию по предельному значению угла наклона посадочной площадки;

Следующим действием будет непосредственное определение углов наклона полученных ранее потенциальных необорудованных посадочных площадок. В связи с тем, что ЦКМ обладает случайной ошибкой в показании высоты рельефа поверхности Земли, то определение угла наклона площадки — задача статистической обработки информации ЦКМ;

Поскольку оценка угла наклона необорудованной посадочной площадки является случайной величиной, следовательно, данную меру можно определить с некоторой вероятностью. Завершающим шагом определения угла наклона является вычисление вероятностной меры удовлетворения той или иной необорудованной посадочной площадки требованиям: «Угол наклона необорудованной посадочной площадки в любом направлении к горизонту должен быть не более  $10^\circ$ ».

Для проверки адекватности описанного выше подхода определения угла наклона необорудованной посадочной было проведено имитационное моделирование на основе разработанного специального программно — математического оборудования (ПМО) с использованием общедоступной цифровой модели рельефа SRTM и картографического веб-сервиса OpenStreetMap. Результат верификации представленной методики определения угла наклона необорудованного вертодрома согласуется с теоретическими знаниями о величинах уклонов разных типов земной поверхности [3].

Список используемых источников:

1. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том II Вертодромы. Международная организация гражданской авиации. Издание четвертое — Июль 2013.
2. ФАП — 262. Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов.
3. С.В. Осипов. Шкалы уклонов земной поверхности и способы их разработки // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология. 2016. №3.

### **Разработка привода с применением бесколлекторного мотора, для робототехнических решений**

Кашин Д.Д.

Научный руководитель — Качалин А.М.

МАИ, Москва

С развитием технологий человек не раз задумывался над созданием устройств, которые во многом повторяют то, что уже есть в природе: животных, рыб, птиц, насекомых и т.п. Изобретения, возникшие в ходе эволюции, учёные и инженеры постоянно берут на вооружение.

Таким примером может служить привод, его можно сравнить с искусственным опорно-двигательным аппаратом животного.

Разработка универсального привода с использованием бесколлекторного двигателя имеет высокую актуальность.

Бесколлекторные двигатели имеют ряд преимуществ по сравнению с коллекторными: большая эффективность, высокая мощность и длительный срок службы, а соответственно учитывая длительный срок службы, бесколлекторные двигатели экономически привлекательны, а также, что не мало важно, бесколлекторные двигатели меньше по размеру и массе.

Особенностью моего привода является то, что редуктор для увеличения крутящего момента двигателя, расположен непосредственно внутри статора, что делает этот механизм индивидуальным.

На данном этапе разработки:

- Спроектирована 3D модель системы
- Определены необходимые электронные компоненты
- Проработан алгоритм управления и обратной связи

В настоящее время идёт работа по изготовлению деталей и сборки первого тестового образца (без исполнительного устройства — контроллера), для тестов мотора и редуктора.

Универсальный привод, который может использоваться для разных задач, является важным и актуальным решением развития, которое может принести значительную пользу в различных областях промышленности и потребительского сектора.

Список используемых источников:

1. PID регулятор — <https://alexgyver.ru/lessons/pid>
2. Управление бесколлекторным двигателем — <https://habr.com/ru/post/390469>

### **Разработка новой технической системы для считывания движения кисти руки человека**

Косогоров А.Н., Шестаков В.К.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Меркурьев И.В.

НИУ МЭИ, Москва

При выполнении ряда прецизионных операций медицинским, либо технологическим промышленным оборудованием требуется обеспечивать высокую точность позиционирования инструмента, тщательно согласовывая движение инструмента с визуальной информацией, в том числе виртуальной. Прецизионные технологические

операции можно осуществить путём копирования и масштабирования движения пальцев рук, при этом необходимо исключить влияние тремора рук человека и внешних факторов.

Рассмотрены конкурсные варианты аппаратно-программного комплекса для считывания и передачи сигналов о движении человеческой руки. Разработана трехмерная модель робототехнической перчатки с расположенным на ней комплексом измерительных сенсоров, микроконтроллером для обработки измерительной информации. В докладе обсуждаются технические способы измерения движения многосуставной кисти человека и передачи информации о движении в реальном масштабе времени. В качестве сенсоров рассматривается блок инерциальных датчиков и магнитометров в микромеханическом исполнении.

Первичные измерительные данные сенсоров, размещенных на фалангах пальцев и на запястье кисти, проходят комплексную обработку и оптимальную калмановскую фильтрацию в целях решения задачи о положении кисти руки в пространстве.

Обсуждается выбор обобщенных координат системы и математических моделей сенсоров и приводов. С помощью алгоритма Денавита-Хартенберга были решены прямая и обратная задачи кинематики кисти руки человека. Получены программные траектории, значения углов в флангах при выполнении ряда упражнений, таких как сгибание и разгибание пальцев руки в робототехнической перчатке.

В докладе обсуждаются результаты экспериментальных тестовых движений макетного образца аппаратно-программного комплекса. На основе экспериментальных данных выполнен анализ точности считывания положений кисти, оценены случайные и систематические погрешности датчиков системы.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка аппаратно-программного комплекса для дистанционного управления движением робототехнической системы» при поддержке гранта НИУ «МЭИ» на реализацию программы научных исследований «Приоритет 2030: Технологии будущего» в 2022-2024 гг.»

Список используемых источников:

1. Климчик А.С., Гомолицкий Р.И., Фурман Ф.В., Сёмкин К.И. Разработка управляющих программ промышленных роботов // Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Кафедра систем управления. 2008.
2. Bratland T., Hong W. Linear Position Sensing Using Magnetoresistive Sensors. // Honeywell Solid State Electronics Center.

## **Кинестезия андроида**

Спирин А.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Крылов А.И.

НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, Звёздный городок

Одним из концептов развития космонавтики является универсализация пилотируемой техники путём реализации взаимосовместимости человека-пилота или человека-оператора с антропоморфной робототехнической системой (АРТС) и интеллектуализация космической техники в целом. Такая коллаборация позволит облегчить или заменить рутинный труд космонавтов, главным образом в агрессивной космической среде, например, при внекорабельной и/или инопланетной деятельности. А обладая функциями интеллектуальных экспертных систем [1] или систем поддержки принятия решений такие АРТС смогут либо дублировать либо полностью заменить Центр управления полётом (важно при планировании полётов за пределы околоземной орбиты).

Исследования направлены на изучение возможности интеграции гибридно-интеллектуализированного человеко-информационного взаимодействия и анатомической параметризации АРТС, которая могла бы обеспечивать сенсомоторику, аналогичную человеку [2, 3].

Испытания АРТС и средств виртуальной реальности (ВР) выявили существенные проблемы совместимости человека с андроидом. Эти проблемы обусловлены не

только и не столько несовершенством искусственного интеллекта, как отсутствием точности моторики исполнительных механизмов, в частности сенсомоторики дистальных конечностей. Проведённые исследования подтвердили фундаментальные противоречия самих средств ВР, которые приводят к абсолютным конфликтам как с т.з. технической реализации, так и с т.з. философии. Более того, мнимость и ложная кажимость ВР, приводит к расстройству центральной нервной системы, в частности зрительно-вестибулярным расстройствам, из-за рассогласования информации, получаемой головным мозгом человека от основных шести органов чувств. Последнее приводит к абсолютному конфликту как в восприятии человеком окружающего мира, так и самого себя! Существенны также неразрешимые противоречия в анатомической параметризации как по функциональности, так и по эргатичности синтетических манипуляторов.

Поскольку динамика восстановления адаптивных приспособительных реакций человека при перемене гравитационной среды при полётах в глубокий космос и посадке на космических объектах не известна, то создаваемые искусственные аналоги органов человека должны параметризоваться как с дистальными частями конечностей, так и с гибридно-интеллектуализированным человеко-информационным взаимодействием.

В работе предложено устройство кинестетического очувствления манипуляторов АРТС и метрологические подходы к определению требований к системе контроля и измерения параметров исполнительного комплекса — манипулятора АРТС (геометрии, кинематики, силовых характеристик и систем управления).

Проведённые исследования позволяют приблизиться к решению проблемы проприоцепции и кинестезии АРТС (локальному и пространственному очувствлению дистальных частей манипуляторов). Предложен концепт, принципиально отличающийся от известных решений скелета бионических рук и роботизированных конечностей АРТС. Концепт основан на решении обратной задачи известного эффекта многослойной рессоры консольного типа [3], т.е. на использовании упругой консоли с переменной площадью сечения, обладающей качеством тела равного сопротивления изгибу. При этом достигается совмещение в одной конструкции большой гибкости конечности (дистальной фаланги) при одновременном большом силомоментном нагружении на средних и проксимальных фалангах. Изменение изгибной жёсткости может осуществляться как дискретно с введением каждого последующего упругого слоя, так и квази-непрерывно, с кратным увеличением упругих слоёв. При этом имеется возможность регистрации инверсии вектора напряжённости, т.е. обратный изгиб фаланги, что также является новизной для скелета дистальной части конечности.

Для обеспечения способности пространственного ощущения составных частей кисти (кинестезии) при одновременной тактильности (ощущения прикосновения, давления, вибрации) предложены способ и устройства, основанные на использовании в качестве кинестетического датчика дисперсной системы, состоящей из дисперсной жидкой полярной среды и дисперсной фазы в виде пузырька газа в межэлектродном пространстве [4]. Т.е. «свободно» плавающий в жидкости газовый пузырёк и его световое пятно изменяют фототоки и поляризационные токи в межэлектродной полости, которые сравниваются между собой двупараметрическим измерительным мостом переменного тока.

Таким образом, проведённые исследования и предложенный подход к кинестезии андроида позволяют реализовать в дистальных частях манипуляторов (бионических рук или силомоментных коммуникативных средств захвата типа стыковки-расстыковки) функции тактильности (ощущение прикосновения, давления и вибрации) и проприоцепции (ощущения пространственной координации частей тела и их движение), при одновременном упрощении и микроминиатюризации конструкции датчика, встраиваемого в рабочую поверхность соответствующих конечностей манипулятора.

Список используемых источников:

1. Спирин А.Е. и др. Патент на изобретение RU 2 726 604 от 17.06.2019 г. Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора.

2. Сенсбилизация и расширение динамического диапазона силомоментной составляющей дистальной части конечностей антропоморфных робототехнических систем при их анатомической параметризации/ Спирин А.Е., Малкин М.О. Умнов М.Г. // Всероссийский молодежный конкурс научно-технических работ «Орбита молодежи»: Материалы. — СПб: БГТУ «Военмех», Вестник БГТУ», № 60, 2019. — С.233 — 237.

3. Спирин А. Е., Крылов А. И. и др. Патент на изобретение RU 2 661 456 от 16.08.2018 г. Способ и устройство тензoeлектрического преобразования.

4. Спирин А.Е и др. Патент на изобретение RU 2 655 024 от 26 .07.2016 г. Способ и устройство измерения угла наклона.

## **Строительный робот для освоения Луны «Путилов»**

Устинов А.С., Шабаев А.В., Гарцев А.С.

Научный руководитель — Рудой И.А.

МАИ, Москва

Ещё в прошлом веке стало очевидно, что строительство базы на Луне невозможно при использовании сугубо земных материалов. Строительство временного модуля лунной базы, даже самого простого — крайне затратно. Параллелепипед 10.5 на 5.5 метров с толщиной стен и потолка в 25 см и высотой в 3.25 метра, полезным объемом в 150 кубических метров потребует 37,6875 кубометров бетона. Бетона особо прочного и способного защитить от радиации. Наименее плотный, т.е. самый легкий подходящий бетон — бетон с наполнителем из лимонита, или буроого железняка и средней плотностью 2700 кг/м<sup>3</sup> [1]. Масса такого бетонного модуля составит внушительные 101 756,25 кг полезной нагрузки. Грузоподъемность флагманской ракеты NASA SLS (на опорную лунную орбиту) составляет на данный момент лишь 27 тонн [2]. Т.е. не беря в расчет посадку и массу посадочного модуля, потребуются минимум 4 запуска самой мощной и дорогой ракеты в мире на данный момент. Расход таких ресурсов неоправданно высок.

Оптимальное решение — создание такой АМС, что будет способна построить первый модуль базы в вышеуказанной конфигурации из материалов, доступных в месте посадки, без использования земных расходных материалов.

Для этого робот должен обладать следующими критериями:

- Возможностью перемещаться в радиусе 100 метров от места посадки, чтобы добираться до стройплощадки и места экскавации стройматериала.

- Возможностью изготавливать из реголита 5300 строительный блоков (4824 необходимо, запас из расчета на брак 10%), плит 25 на 25 на 12.5 сантиметров из которых будет собран первичный модуль.

- Механизмами установок блоков и их соединения без использования цементирующих и иных соединительных веществ.

- Системами энергоснабжения, терморегулирования, телеметрии и пр. необходимыми для любой АМС с длительным (более месяца) сроком эксплуатации.

- Модульной структурой: после выполнения всех задач и прилета экипажа, все системы АМС будут использованы повторно для нужд космонавтов. Передвижная платформа станет основой ровера для перевозки полезной нагрузки или экипажа. Производственный модуль будет снят и установлен стационарно для дальнейшего производства. Системы терморегуляции, энергоснабжения и пр. будут использованы в СЖО лунного модуля.

Единственный подходящий метод производства — получение сразу готовой строительной продукции без привлечения других материалов. Таким методом является метод переработки горных пород в синтетические минеральные сплавы, более известный как каменное литье. Метод подразумевает расплавление реголита до получения расплава схожего по основным характеристикам с горячей магмой. В результате переплавки из горных пород образуется симинал. Он — диэлектрик, он хорошо задерживает радиационное излучение, прочен и обладает низкой теплопроводностью. На создание плиты объемом 0,0078125 м<sup>3</sup>, при средней плотности затвердевшего расплава 2900-2960 (усред. 2930) кг/м<sup>3</sup>, понадобится прибр. 23 кг вещества [3].

Самый простой и надежный способ — производить забор «Архимедовым винтом». Далее, необходимо пропускать реголит через вращающийся барабан с отверстиями небольшого диаметра, для отсева крупных камней и пр. нежелательных объектов, и очищенную пыль ссыпать в установку, нагревающую материал до 1500-1700 градусов Цельсия с помощью большого зеркала. Получившийся расплав заливается в литейную форму [3].

Для расплава материала на 1 плитку за 10 минут потребуется припл. 48.1 кВт энергии. С учетом энергии солнечного света 1370 Вт/м.кв, для нагрева требуется зеркало диаметром 11.1 метров, с учетом 20% потерь энергии — 13,875 метров. Оно будет раскладным и неподвижным.

После спекания и остывания, плита готова к установке. Здание будет возводиться на разровненной АМС площадке. Твердый фундамент — а также сваривание блоков после их соединения — будут производиться с помощью сфокусированного параболическим зеркалом и линзами светового луча. На Луне нет атмосферы, потому создать достаточно мощный световой луч представляется возможным. Один грамм реголита в секунду — достаточная скорость «сварки». Для неё хватит монолитного подвижного зеркала площадью около 1 кв. метра [3].

После возведения здания, робот покроет его толстым слоем реголита для защиты от радиации и микрометеоритов, затем развернет внутри надуваемый (или наполняемый затвердевающим со временем гелем) модуль. Он плотно заполнит собою внешний каркас. После нескольких проверок, АМС отсоединится от модуля и перейдет в режим гибернации, ожидая прибытия людей.

Таким образом, аппарат заложит надежный фундамент для освоения Россией Луны на равных с конкурирующими государствами.

Список используемых источников:

1. Магеррамова, И. А. Бетон для защиты от радиации / И. А. Магеррамова, Ю. А. Попова // Ключевые проблемы и передовые разработки в современной науке : Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Смоленск, 31 октября 2017 года. — Смоленск: Общество с ограниченной ответственностью «НОВАЛЕНСО», 2017. — С. 133-135. — EDN ZVSWGR.

2. Официальный WEB-ресурс Национального управления по авиации и исследованию космического пространства США; URL — <https://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/to-the-moon.html> (дата обращения: 22.02.2023)

3. Игнатов А.М., Игнатов М.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ РЕГОЛИТА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЛУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ // Международный журнал экспериментального образования. — 2013. — № 11-2. — С. 101-110; URL — <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=4325> (дата обращения: 01.03.2023)

## **Создание автоматизированного комплекса на базе сканирующего микроскопа и системы автоматической подачи предметных стекол**

Честнов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Полянский В.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день в области диагностики различных заболеваний используется множество различных методов, некоторые из которых основаны на микроскопических исследованиях биоматериалов. Данные исследования проводятся в рамках лабораторных и диагностических мероприятий и предполагают использование микроскопа, что создаёт новые возможности и перспективы для диагностики, как консервативного, так и оперативного лечения [1].

Среди таких исследований можно отметить: биохимические исследования, цитологические исследования, гистологические исследования [2].

Особое место аппаратное оснащение лаборатории при микроскопических исследованиях играет в тех случаях, когда речь идет о сотнях и тысячах исследований предметных стекол, которые нужно провести в ограниченное время. В таких ситуациях автоматизация процесса сканирования стекол позволяеткратно сократить временные затраты как лаборанта, так и врача.

Сканирование препаратов и работа с ними предполагает наличие целой системы, состоящей из микроскопа, осуществляющего процесс сканирования, программного обеспечения, производящего управление микроскопом и работу с данными, а также компьютера, на котором происходит накопление оцифрованных данных. Использование данных систем открывает новые возможности для развития как фундаментальной сферы медицины, так и клинического анализа и диагностики [3].

Современные требования к системам сканирования также подразумевают автономность их работы при автоматическом сканировании потока предметных стекол в количестве от 200 до 1000 шт. При этом должно быть обеспечена гарантированная идентификация каждого стекла с жесткой привязкой его к месту нахождения в конкретной ячейке магазина со стеклами.

Таким образом, практическая значимость проекта заключается в разработке специальных технических решений, обеспечивающих полноценное и эффективное применение специализированного устройства для проведения микроскопических исследований. Проектом предусматривается массовость комплекса за счёт простоты его конструкции и возможности транспортировки.

Важную роль в составе комплекса занимает устройство подачи стекол, прототип которого построен на базе силовой конструкции с элементами кинематики.

Непосредственно конструкция устройства подачи стекол представляет собой тройную опору, на которой размещены кольцевая опора, необходимая для вращения блока кассет, и центральная стойка, служащая силовым элементом для размещения приводов перемещения кассет в вертикальной плоскости. Также на центральной стойке расположена поперечина, на которой установлен привод перемещения стекла в горизонтальной плоскости для подачи или забора его из устройства сканирования. На специализированной проставке размещены 10 съёмных кассет, между которыми находятся дополнительные перегородки для придания необходимой жёсткости. Сами стекла с образцами биоматериала, подлежащего сканированию, укладываются в кассеты в специальные прорези. Каждая кассета вмещает 20 стекол, что даёт общую вместимость всего устройства подачи — 200 стекол.

В процессе разработки устройства были реализованы следующие технические решения, необходимые для осуществления требуемых перемещений элементов конструкции в процессе работы: привод вращения кольцевой опоры, привод подъёма кассеты, привод продольного перемещений стекла, привод подъёма поперечины.

Предусмотрено, что устройство подачи стекол работает в комплексе со столиком и микроскопом, на котором закреплена камера для сканирования стёкол и получения изображений в высоком разрешении. Габаритные размеры комплекса без учёта габаритов камеры (ШхВхГ) — 580х370х300 мм.

Процесс проведения сканирования с применением данного комплекса состоит из следующих последовательно совершаемых операций: загрузка стекол, подъём кассеты, подача схвата под стекло, подъём платформы со схватом и фиксация стекла в зажиме, выдвигание стекла, опускание схвата и освобождение стекла, убирание схвата в кассету, сканирование, выдвигание схвата под стекло, подъём схвата и кассеты, захват стекла, убирание стекла в кассету, опускание платформы со схватом в исходное положение, подъём кассеты для работы со вторым стеклом или поворот проставки для работы со стеклом из другой кассеты.

За счёт полученного научно-технического и инженерного задела планируется усовершенствование технической части устройства подачи стекол путем разработки и внедрения системы идентификации как самого стекла, направляющегося на сканирование, так и кассеты, в которой это стекло находится, учитывая и место этого стекла в кассете.

Данная доработка позволит производить загрузку стекол в кассеты произвольно и создаст возможность не только последовательно проводить сканирование всех стекол, но и делать это в каком-то ином порядке, включая и выборочное сканирование определённых стекол не зависимо от их положения в устройстве.

Список используемых источников:

1. Применение микроскопа в медицине [Электронный ресурс] // Intergen; URL: <https://intergen.ru/blog/primenenie-mikroskopa-v-mediczine> (дата обращения 10.02.2023).

2. Цитологические исследования [Электронный ресурс] // Niioncologii; URL: <https://www.niioncologii.ru/patients/screening-and-diagnosis/research-types/ci> (дата обращения 10.02.2023).

3. Лебедев Г. С., Шадеркин И. А., Тertyчный А. С., Шадеркина А. И. Цифровая патоморфология: создание системы автоматизированной микроскопии. — Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2021.

## Секция №6.2 Интеллектуальные системы и авиационное вооружение

---

### Алгоритмический подход к выделению диалогов из художественного текста

Гаврилов М.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

Интеллектуальный анализ диалогов является методом определения эмоционального состояния и типа личности говорящих и характера взаимоотношений между людьми (emotion recognition in conversation), который применяется по отношению к записям чатов и комментариям в социальных сетях преимущественно для сбора мнений. Этот метод может быть полезен и в задаче анализа художественных текстов, однако, для выполнения анализа диалогов по отношению к художественному тексту необходим надежный метод выделения диалога из текста.

Результат работы парсера над художественным текстом представляет из себя упорядоченный список пар реплика-персонаж, из которого можно извлечь информацию о:

- Последовательности произнесения реплик
- Участвующих в разговоре персонажах
- Всех репликах, сказанных определенным персонажем

Такой парсер не ограничен разговорами с двумя участниками. Он может быть применен в качестве вспомогательного инструмента в задачах обработки естественного языка, в частности в задаче определения эмоций персонажей текста, и вообще в задачах интеллектуального анализа художественных текстов.

Для построения парсера диалогов необходимо решить задачу поиска слова, указывающего на говорящего, в авторской речи, а также задачу разрешения кореференции между словами-указателями на говорящих.

Предметом рассмотрения парсера являются структуры прямой речи, вида:

- П.
- П, — а.
- П, — а. — П.

Для решения первой задачи, по отношению к авторской речи были использованы методы синтаксического и морфологического парсинга предложений. Они применялись с целью выявления структуры предложения и определения его главной части. Однако, при использовании только этих методов, точность выделения слов, указывающих на говорящего, не превышала 70%, так что, особое внимание было уделено альтернативным методом отыскания таких слов, а также методам устранения ошибок при синтаксическом парсинге. В частности, были исследованы методы выбора всех допустимых имен в предложении, выбора всех допустимых имен собственных в предложении, наивный метод, подразумевающий выбор имен, следующих за глаголами и не учитывающий структуру предложения, а также метод выбора всех имен, подчиненных глаголам. Было определено, что наилучший результат может быть получен только если используется несколько методов. Было исследовано две схемы приоритизации результатов, выдаваемых различными методами: Первая подразумевает ранжирование методов по надежности, и, в случае, если результаты двух методов конфликтуют, выбирается метод с большей надежностью. Вторая схема подразумевает объединение результатов всех используемых методов в качестве итогового результата. В итоге была определена оптимальная комбинация и приоритизация методов, с ее помощью получена точность выявления слов, указывающих на говорящего 96.5%.

Для разрешения кореференции использовались два метода: метод на основе системы правил, отсеивающий слова, которые не могут быть кореферентны по их морфологическим признакам и метод на основе поиска в тексте структур, подразумевающих равнозначность слов. Для определения того, к какому действующему лицу относится местоимение

использовался наивный алгоритм, подразумевающий поиск вверх по тексту ближайшего слова, указывающего на говорящего, которое совместно с местоимением по морфологическим признакам. Найденное слово принималось за кореферентное местоимению.

Для тестирования полученного алгоритма был создан датасет на основе первой главы романа «Мастер и Маргарита». Полученные метрики: точность выделения слов, указывающих на говорящего: 96%, точность определения референтов: 75%.

Список используемых источников:

1. Poria S. et al. Emotion recognition in conversation: Research challenges, datasets, and recent advances //IEEE Access. — 2019. — Т. 7. — С. 100943-100953.

2. Бодрова А. А. Разрешение кореференции методом кластеризации. // Магистерская диссертация — СБГУ — 2016.

3. Кромских А. Г. Подходы к использованию библиотеки *patasha* для извлечения структурированной информации из текстов на русском языке //Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем. — 2021. — С. 23-25.

## **Перспективная система оценки и прогноза технического состояния авиационной техники**

Головин Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неретин Е.С.

МАИ, Москва

Оценка технического состояния является одной из приоритетных технических задач в эксплуатации и обслуживании на этапах жизненного цикла авиационных систем и воздушного судна (ВС) в целом, привлекающая широкий спектр специалистов с весомыми трудозатратами. Такая оценка требует контроля качества проверки и предоставления гарантий, не ниже требуемых в соответствии с уровнем критичности системы или компонента.

В современных реалиях информатизации процессов в авиационной промышленности существует устоявшаяся тенденция к формированию баз данных (БД) такими организациями как конструкторскими бюро, партнеры-разработчики, предприятие-изготовитель, центры обслуживания и ремонта, а также сама компания эксплуатант. Содержание БД может включать в себя широкий перечень состояний компонентов и систем на разных временных промежутках и условиях, как, например, стендовые испытания или непосредственно полет ВС.

Традиционный метод расчета эмпирических оценок надежности, используемый в настоящее время, основан на базовом предположении, что время до отказа компонентов самолета является случайной величиной, описываемой теоретическим распределением с известными статистическими свойствами. Проблема такого подхода заключается в том, что законы распределения времени до отказа для большинства компонентов самолета могут отличаться от теоретических (экспоненциальное распределение, распределение Рэлея и Вейбулла), а эмпирические оценки надежности, полученные традиционными методами, слишком грубы и могут привести к ошибочным решениям относительно организации технического обслуживания и ремонта самолета.

В целях решения данной проблемы предложена концепция, осуществляющая оценку и прогнозирования технического состояния систем и ВС в целом, основываясь на значениях из БД с последующей обработкой в программах с математическими алгоритмами. Данный метод включает непрерывный мониторинг состояния его систем и элементов бортового оборудования, а также прогнозирование их возможных отказов. Эту задачу решают на основе анализа полётных данных, накапливаемых в процессе эксплуатации ВС. С учетом того, что при штатном функционировании системы ВС, параметры, характеризующие их состояния в разные этапы полета, принадлежат некоторой области в пространстве

параметров состояния, их выход за границы такой области рассматривает в качестве признака нештатного функционирования, а приближение значений параметров к краям области сигнализирует о возможном выходе из строя данной системы в ближайшей перспективе.

Обработка этого постоянно увеличивающегося объема информации в процессе эксплуатации воздушного судна позволяет реализовать вероятностную, гарантированную оценку и услугу непрерывного мониторинга текущего и будущего состояния каждого элемента бортового оборудования воздушного судна с учетом специфики его эксплуатации.

Это позволяет своевременно диагностировать нарушения функционирования и отказы систем, а также прогнозировать техническое состояние объекта в последующих итерациях эксплуатации. При интеграции данной технологии существенно повысится надежность и безопасность полетов, сократятся затраты на эксплуатацию, а главные решения относительно возможности дальнейшего использования конкретного ВС будут дополнительно подкреплены обоснованием с математическими показателями.

Список используемых источников:

1. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиатехники по состоянию./Н.Н. Смирнов, – 2-е издание. – М.: Транспорт, 1987. — 272 с.
2. Евдокименков В.Н., Динеев В.Г., Карп К.А. Инженерные методы вероятностного анализа авиационных и космических систем. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 320 с.
3. Peng Y., Dong M., Zuo M.-J. Current status of machine prognostics in condition-based maintenance: a review// International Journal of Advanced Manufacturing Technology. –2010. — Vol. 50. — № 1-4. — P. 297–313.
4. Евдокименков В. Н., Красильщиков М. Н., Ратникова Н. И. Оценка текущего состояния воздушного судна и его систем на основе вероятностно-гарантирующего подхода // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2003. — № 6. — С. 38–46.

### **Анализ возможности применения гибких механизмов в конструкциях установок вооружения ЛА**

Голубев В.С., Киришина Д.Г., Попинашкин Д.В.  
Научный руководитель — Качалин А.М.  
МАИ, Москва

В установках вооружения ЛА широко применяются плоские рычажные механизмы. Они являются наиболее изученными и полностью описываются кинематически. Независимо от конструктивного исполнения, структурно они состоят из звеньев, соединенных между собой во вращательные и/или поступательные кинематические пары. В механизмах этого типа звенья являются отдельными деталями и соединения осуществляются при помощи шарниров, осей и валов, т.е. рычажный механизм состоит из множества деталей, в подвижных соединениях которых может присутствовать люфт, а в местах трения происходит износ, что понижает точность работы механизма. Помимо этого, большое количество деталей накладывает технологические сложности на сборку изделия, по этой же причине увеличивается масса изделия. Возможным вариантом решения обозначенных проблем является применение в конструкциях установок ЛА гибких механизмов.

Гибкие механизмы являются монолитными деталями сложной формы, у которых подвижные звенья соединены с помощью элементов малой жесткости (тонкие перемычки или утонения материала). Работа этих механизмов основывается на способности материалов упруго деформироваться. Данные механизмы лишены люфтов и трения между звеньями, из-за чего повышается точность их работы. Монолитный характер исполнения таких механизмов упрощает сборку изделия, следствием из этого свойства также является уменьшение массы, что особенно важно в авиационной промышленности. Применение гибких механизмов сопряжено со сложностью расчетов и некоторыми прочностными недостатками используемых материалов.

В данной работе рассматриваются гибкие механизмы и возможность их применения в установках вооружения летательных аппаратов, проводится характеристика используемых материалов и технологий изготовления, а также предлагается вариант использования в механизме авиационной катапультной установки.

Список используемых источников:

1. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие. В 7 томах. Т. 1: Элементы механизмов. Простейшие рычажные и шарнирно-рычажные механизмы. — 2-е изд., переработанное. — М.; «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1979, — 496 с.
2. Krishnan G., Kim C., Kota S. Building block method: a bottom-up modular synthesis methodology for distributed compliant mechanisms // Mechanical Sciences, №3, –2012, p.15-23.
3. Механизмы перспективных робототехнических систем. Под редакцией В.А. Глазунова, С.В. Хейло М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. — 296 стр. ISBN 978-5-94836-604-3

## **Использование фазоэнергетического спектра изображения для детектирования движущихся объектов**

Дербуш Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Васильев С.В.  
ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Расширение областей применения беспилотной авиации как в гражданской, так и в военной сферах является процессом закономерным. Основными причинами, способствующими бурному развитию и, как следствие, массовому применению беспилотных летательных аппаратов (БЛА), являются:

- Совершенствование элементной (компонентной) базы, как следствие, повышение быстродействия вычислителей и, как следствие, миниатюризация как бортового оборудования, так и целевой нагрузки;

- Развитие источников электроэнергии и систем электроснабжения в целом;
- Развитие навигационного оборудования и т. д.

Наличие в составе бортового радиоэлектронного оборудования оптико-электронной системы (ОЭС) делает БЛА крайне эффективным средством разведки. К числу основных задач при этом относят поиск и обнаружение объектов интереса, распознавание, слежение за объектами и др. Качество решения этих задач напрямую определяется возможностями ОЭС, представляющими собой систему аппаратного и алгоритмического обеспечения. Несмотря на существующие массо-габаритные ограничения, ОЭС БЛА обладают удовлетворительными характеристиками по разрешающей способности, быстродействию, надежности, они могут оснащаться гиросtabilизированной платформой, иметь многоканальный конструктив. Основным сдерживающим фактором в вопросе применения БЛА при решении задач разведки является отсутствие эффективных алгоритмов обработки формируемых изображений (видеопоследовательностей).

Получаемое от соответствующего сенсора изображение представляет собой скалярное поле распределения яркости (полутонное изображение). Введение третьей координаты — времени позволяет использовать особенности изменения яркости как отдельных пикселей, так и целых связанных областей для детектирования движения объектов [1]. Значимой информацией о движении объектов можно считать их координаты, модуль и направление вектора скорости. Разработка быстрых и точных алгоритмов определения параметров движения объектов на изображении (видеопоследовательности), формируемых ОЭС БЛА, функционирующего в условиях сложной фоно-целевой обстановки, преднамеренных и непреднамеренных помех, турбулентности, сильного бокового ветра и других дестабилизирующих факторов, является проблемой нерешенной и поэтому актуальной на сегодняшний день.

Предлагается новый подход к задаче идентификации движения, основанный на получении и анализе фазоэнергетического спектра (ФЭС) изображения, представляющего собой двумерное дискретное векторное поле.

В работе [2] было показано, что удобно использовать не ФЭС, а амплитуды его гармоник за межкадровое время так называемые фазоэнергетические характеристики (ФЭХ), которые несут в себе информацию о пространственном перемещении объектов. Приращение ФЭХ изображений, следующих друг за другом, в рамках формируемой видеопоследовательности было названо фазоэнергетической функцией (ФЭФ).

В работе рассматриваются результаты исследования ФЭФ тестовых изображений. Показано наличие характерных зон, анализ формы и границ которых позволяет определить координаты объекта на изображении. Помимо границ характерных зон информацию о положении объекта несут глобальные экстремумы ФЭФ. Учет этих особенностей ФЭФ позволил разработать алгоритм определения координат объекта типа «прямоугольник», движущегося на изображении в рамках рассматриваемой видеопоследовательности.

Список используемых источников:

1. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений // М.: Ай-Эс-Пресс, 2009. — 518 с.

2. Богословский А.В., Сухарев В.А., Жигулина И.В., Пантюхин М.А. Векторные поля, порождаемые преобразованием Фурье видеосигналов изображений // Радиотехника. 2021. Т. 85. №7. С. 127-139.

## **Использование технологий дополненной реальности и полигонального моделирования в современном учебном процессе.**

### **«Программно-аппаратный комплекс БДЗ»**

Котлов М.А., Конова С.С., Мельников В.И.

Научный руководитель — Мартынкевич Д.С.

МАИ, Москва

В настоящее время современные информационные технологии в сфере образования получают все более широкое применение. Практикуются новые способы восприятия учебных материалов для достижения наибольшей эффективности образовательного процесса. Одной из таких технологий является дополненная реальность.

Дополненная реальность — это среда, в реальном времени расширяющая, так называемый, физический мир, каким мы его видим. Технология дополненной реальности, или как ее еще называют AR, сокращенно от Augmented Reality, заключается в накладывании виртуальных объектов на сфокусированный реальный предмет с помощью камеры и программного обеспечения на устройствах, таких как смартфон или планшет.

Размещение любых объектов в конкретной среде, в которой они изначально отсутствуют, позволяет организовать наиболее эффективные практические занятия для осуществления образовательных задач. Это дает ощущение присутствия, непосредственности и погружения, визуализацию обучающего контента в трехмерных ракурсах и преодоление формальных барьеров изучаемого.

Технология дополненной реальности включает в себя следующие характеристики: объединение реального и виртуального миров, интерактивность, трехмерность.

В качестве одного из таких решений повышения эффективности образовательного процесса и вовлечения интереса к изучаемому материалу, мы предлагаем AR-приложение «Программно-аппаратный комплекс БДЗ».

Программно-аппаратный комплекс БДЗ представляет собой приложение, с помощью которого можно подробно изучить модель балочного держателя третьей весовой группы.

На основе игровой платформы Unity и инструментария ARCore разработано два режима визуализации компонентов балочного держателя в формате дополненной реальности:

- «Просмотр компонентов», в котором пользователь может выбрать интересующий его компонент, вывести его на рабочее пространство (это может быть стол или любая другая

горизонтальная поверхность), с возможностью выделить все составные элементы рассматриваемого изделия

- «Режим интеграции». Этот режим требует нахождения непосредственно вблизи специального учебного стенда или воздушного судна с учебно-действующим БДЗ-УМК2-Б. Пользователю необходимо навести камеру на QR-код для визуализации компонентов балочного держателя внутри реального экспоната. С помощью нажатия на экран смартфона можно выбрать интересующий элемент и также изучить справочную информацию о нем.

«Программно-аппаратный комплекс БДЗ» — это пример перспективного решения в области AR технологий для применения в обучении. Достаточно иметь смартфон, чтобы обучающийся мог с помощью приложения изучить устройство изделия более обзорно в 3D виде, в отличие от двухмерного. Но стоит отметить, что для визуализации сложных моделей требуется достаточно высокие вычислительные мощности.

В приложении реализована возможность просмотра учебного видеоролика созданного в программе для полигонального моделирование Blender. Полигональное моделирование — одно из первых способов моделирование 3D объектов, основанное на построении плоскостей «полигонов» с определенными координатами вершин, настроенными характеристиками отражений света и материала, совокупность полигонов составляет искомую модель. В силу большого времени развития программ полигонального моделирования их инструментарий достаточно широко охватывает потребности при работе с любыми 3D моделями. Blender — бесплатная программа для 3D моделирования, обладающая большим количеством инструментов для настройки материалов, анимации, физических симуляций, рендера и видеоредактора.

На данный момент все больше идет переосмысление значения технологии дополненной реальности и ее практического применения. Раньше требовалось специальное оборудование, которое было громоздким и неудобным. Но сегодня благодаря тому, что современные смартфоны оснащены большим количеством датчиков, технология AR стала доступным практически каждому. Крупные компании инвестируют в ее будущее, привлекая к ней массовую аудиторию, считая ее перспективной платформой для коммуникации.

Список используемых источников:

1. Андрюшин А.В., Бардашевская Н.В. и др. Установки бомбардировочного вооружения летательных аппаратов (теория, конструкция, технология, испытания, экономика, техника безопасности на производстве) : Учебное пособие // МАИ-ПРИНТ, 2010.-561 с.: ил.

## **Универсальная контрольно-проверочная аппаратура для установок авиационного вооружения**

Нерсиян Д.Г., Короваев Д.С., Карпов В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балаян С.Т.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Универсальная контрольно-проверочная аппаратура для установок авиационного вооружения предназначена для:

- Контроля цепей пуска блоков НАР;
- Контроля цепей сброса БКФ в КМГ-У;
- Проверки исправности мостиков пиропатронов ППЛ, а также МПИ, МБС и механизма «Взрыв/Не взрыв» балочных держателей.

Аппаратура представляет собой синтез аппаратной и программной части. Аппаратная часть представлена прибором контроля установок авиационного вооружения, на который поступают контролируемые параметры с объектов контроля. Интерфейс программного обеспечения представлен анимированной приборной панелью выбора типа объекта контроля и диалоговым окном библиотеки технической документации. Кликом мыши можно выбрать необходимый тип авиационной установки и провести проверку и контроль.

Инженерно-технический состав, в соответствии с поставленной задачей или технологической картой, выполняет необходимые операции по проверке и контролю

установок авиационного вооружения. Проверка различных типов установок авиационного вооружения производится с помощью переключения режима в программном обеспечении и смены комплекта электрожгутов.

Отличительными преимуществами аппаратуры являются:

- Высокая мобильность, небольшие масса и габариты, позволяющие быстро перемещать оборудование между объектами контроля одному человеку;
- Высокая информативность о применяемых установках АВ;
- Существенное сокращение времени подготовки к полету;
- Возможность расширения номенклатуры контролируемых установок АВ.

Применение разработанной универсальной контрольно-проверочной аппаратуры в процессе эксплуатации авиационного вооружения позволит при существенном снижении временных затрат значительно повысить эффективность применения авиационного вооружения и качество проверки его установок.

На аппаратуру получены 1 патент на изобретение, 1 патент на промышленный образец, 2 свидетельства государственной регистрации программы для ЭВМ.

Список используемых источников:

1. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения (ФАП ИАО). №205/2/296. Москва-2005.

### **Концепция методики адаптивной предпусковой настройки параметров автопилота БЛА**

Походенко М.В.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Ким Н.В.

МАИ, Москва

Расширение условий использования беспилотных летательных аппаратов (БЛА) ставит всё новые требования к возможностям бортового автопилота. К таким требованиям, в частности, можно отнести парирование аэродинамического возмущения, возникающего при воздушном старте БЛА с воздушных носителей различных типов.

Целью настоящей работы является повышение эффективности автопилота БЛА с точки зрения компенсации возмущающих аэродинамических воздействий за счёт предварительной автоматической настройки параметров автопилота на основе априорной информации об аэродинамической интерференции. Решение данной задачи позволит избежать потери устойчивости БЛА при его выходе на штатную управляемую траекторию. В основе оценки устойчивости БЛА предлагается использовать оценку качества переходного процесса по параметрам угловых скоростей на заданном отрезке времени.

Предполагается, что имеется полная математическая модель БЛА, сформированная на основе общепринятых описаний движения летательного аппарата в различных плоскостях. Автопилот БЛА представлен ПИД-регулятором, коэффициенты которого необходимо корректировать для обеспечения устойчивого полёта.

Для решения поставленной задачи предлагается концепция, построенная по принципу «черного ящика», представленного моделью БЛА, на вход которого подаются начальные параметры полёта и, в том числе, коэффициенты ПИД-регулятора. На выходе считываются и анализируются выходные параметры, описывающие динамику полёта БЛА. На основе анализа данных параметров производится процесс корректировки коэффициентов автопилота для обеспечения полёта, удовлетворяющего требованиям оценки устойчивости. Преимуществом такого подхода является возможность применения методики к различным моделям БЛА, без необходимости внесения существенных изменений в методику подбора параметров, которая может быть построена на основе использования таких подходов, как метод сплошного поиска, нейро-нечеткие системы, методы многомерной математической оптимизации и др.

На основе проведенных экспериментальных исследований показано, что предлагаемый подход предстартовой настройки коэффициентов ПИД-регулятора позволяет повысить устойчивость БПЛА в рассматриваемых ситуациях.

Список используемых источников:

1. Аникин В.А, Ким Н.В., Носков В.П. Особенности воздушного старта БЛА с вертолетного носителя // Мат-лы XVII Всесоюзной научно-практической «Перспективные системы и задачи управления». Таганрог. Изд-во ЮФУ. 2022. С. 413-415.

2. Андропов С.С., Гирик А.В., Будько М.Ю., Будько М.Б. Стабилизация беспилотного летательного аппарата на основе нейросетевого регулятора // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. №5.

3. Пантелеев А.В., Дмитраков И.Ф. Применение метода дифференциальной эволюции для оптимизации параметров аэрокосмических систем. // Электронный журнал «Труды МАИ». 2010. Выпуск № 37.

4. Пупков К.А. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления // Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001. 744 с.

### **Применение нейросетевой модели YOLOv7 в задаче детекции дорожных знаков**

Сазонтов И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Рыбаков К.А.

МАИ, Москва

Технологии машинного обучения и компьютерного зрения все активнее применяются в различных областях. В частности, многие крупные компании заинтересованы в создании беспилотных автомобилей, которые смогут ездить без водителя. Такие автомобили включают в себя различные стеки технологий (от компьютерного зрения до робототехники). Одним из важных аспектов автоматического управления автомобилем является детекция дорожных знаков.

Задача детекции является одной из основных задач компьютерного зрения. При решении данной задачи целью является построение ограничивающей рамки, в которой должен находиться искомым объект. Для решения этой задачи в работе будет применяться модель YOLOv7.

Модель YOLOv7 использует алгоритм, основанный на регрессии. Он предсказывает классы и ограничивающие рамки для всего изображения за один запуск алгоритма. В ходе обучения модель стремится предсказать класс объекта и ограничивающую рамку, определяющую местоположение объекта. Каждая ограничивающая рамка может быть описана четырьмя дескрипторами: 1) Центр прямоугольника, 2) Ширина, 3) Высота, 4) Значение, соответствующее классу объекта

Для решения задачи модель обучена на чуть изменённом датасете RTSD (Russian traffic sign dataset). Этот набор данных предназначен для обучения и тестирования алгоритмов распознавания дорожных знаков. Размер кадра от 1280x720 до 1920x1080. Набор данных содержит 59188 фотографий российских дорог. Кадры сняты в разное время года (весна, осень, зима, лето), время суток (утро, день, вечер) и в разных погодных условиях (дождь, снег, яркое солнце). Этот набор данных превосходит другие общедоступные наборы данных дорожных знаков по количеству кадров, классам знаков, физическим знакам и изображениям знаков. Из датасета удалены редко встречающиеся классы. В итоге получена задача детекции 12 дорожных знаков.

В результате проделанной работы получено высокое качество детекции (доля верных ответов около 0.99 для каждого класса). Несмотря на такое высокое качество модель решает задачу только для 12 дорожных знаков, что недостаточно. Решить проблему можно дополнительным сбором данных, чтобы остальные классы были чаще представлены в выборке.

Список используемых источников:

1. Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovski, Hong-Yuan Mark Liao. YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/abs/2207.02696>

## **Дистанционный метод спектроскопии диффузного отражения для определения типа материала**

Служенко И.Н., Саддаров Д.И.

Научный руководитель — к.х.н. Минакова Т.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Развитие современных летательных аппаратов открывает широкие возможности их применения для дистанционного исследования Земли в экологических, промышленных, сельскохозяйственных и военных целях. Преимущества метода спектроскопии диффузного отражения (такие, как экспрессность, неразрушающий принцип работы, простота, небольшие размеры и вес оборудования) позволяют создать на его основе дистанционный зонд для выявления в полевых условиях различных типов материала в видимой и ближней инфракрасной (ИК) области.

В связи с этим, целью данной работы являлась разработка макета программно-аппаратного комплекса и метода дистанционной регистрации спектров отражения в видимом и ближнем ИК диапазоне (от 400 до 900 нм) для экспресс-анализа типа материала в качестве полезной нагрузки для летательных аппаратов.

В работе предложена установка для дистанционного спектрального исследования типа материала, которая состоит из волоконного спектрометра AvaSpec-ULS4096CL-EVO, подключенного к компьютеру, и объектива F810SMA-54, который соединен со спектрометром с помощью многомодового волокна.

В качестве объектов исследования выбраны образцы грунта (чернозёма, глины, песка) и сходные по цвету (зеленые) образцы (окрашенное дерево, картон двух оттенков, пластик, ткань двух оттенков, листья липы).

В ходе работы получены спектры отражения образцов в видимом и ближнем ИК диапазоне (от 400 до 900 нм).

Для обработки полученных спектров разработаны математические алгоритмы поточного анализа мультиспектральной информации на базе нейронных сетей. Проведено обучение нейронной сети и тестирование полученной мультиспектральной информации. Показана эффективность разработанного программного обеспечения на примере исследования различных материалов. При этом эффективность классификации исследованных материалов близка к 1.

Предложенный макет программно-аппаратного комплекса и метод дистанционной регистрации спектров отражения в видимом и ближнем ИК диапазоне позволяет с высокой точностью проводить определение типа материала в лабораторных условиях, что в дальнейшем может быть использовано при создании дистанционного спектрального зонда в полевых условиях.

## **Разработка системы распознавания опасных растений на базе беспилотного летательного аппарата**

Тюрина А.Н., Демочкидов А.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

На данный момент обработка территорий сельхозугодий производится вручную, что неэффективно и небезопасно, поскольку сок растения при контакте с кожей человека может вызывать ожоги. Целью разработанной системы является повышение эффективности и качества обработки земель от борщевика.

Для реализации задачи обнаружения растений, беспилотный летательный аппарат (БПЛА) должен быть оснащен камерой и баком. Был проведен анализ рынка агро-дронов и выбран наиболее подходящий — Joyance JT30L-606. Из особенностей данного летательного аппарата можно выделить наличие 30-литрового бака, увеличенное время полета (15 минут), возможность распылять с шириной до 10 м, наличие камеры, а также стабильность работы при ветре до 10 м/с. Данный дрон взят за основу и улучшен модулем идентификации.

Модуль идентификации включает в себя одноэтапную нейронную сеть YOLO. Архитектура данной нейронной сети позволяет детектировать искомый объект в режиме реального времени со сравнительно большой точностью. В YOLO предопределены некоторые классы объектов, однако отсутствует класс борщевик. Обучение нейросети производилось на пользовательском датасете, который состоял из 250 фотографий, 230 из них для обучения и 20 для тестирования. Набор данных был собран с высоты в районе д. Юрлово Красногорского городского округа Московской области. Обучающий набор данных содержит метки, которые указывают нейросети как выглядит борщевик. Для нанесения меток был использован инструмент labelImg. Обучение нейронных сетей проводилось в облачном сервисе Google Colab. Для обучения выборки из 250 фотографий понадобилось около двух часов.

В результате удалось добиться результатов обнаружения борщевика с точностью 0.53. Для увеличения вероятности обнаружения будет произведена дополнительная работа. Таким образом данный модуль идентификации может быть внедрен в бортовую систему управления БПЛА.

Список используемых источников:

1. Фомина И. С., Пономаренко Н. В. Борщевик сосновского новый инвазионный вид //Вавиловские чтения» Наследие Н.И. Вавилова в современной науке». — 2019. — С. 152–155.
2. Жиглова О. В., Ходачек О. А. Опыт борьбы с распространением борщевика сосновского на территории Ленинградской области //Региональная экономика и развитие территорий/Под ред. ЛП Совер-шаевой.–СПб.: ГУАП, 2020, 1 (14).–328 с. — 2020. — С. 190
3. 30 L fumigation drone (JT30L-606) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://joyance.tech/ru/9575.html>. Дата доступа — 16.01.2023
4. Джатдоев А. Х. Эволюция систем управления беспилотных летательных аппаратов: от появления до наших дней //Молодой исследователь: вызовы и перспективы. — 2020. — С. 369-374.

# Направление №7 Математические методы в аэрокосмической науке и технике

## Секция №7.1 Теория управления и оптимизация

---

### Применение имитационного моделирования для управления материалопотоком и оптимизации технологических процессов

Алпатов И.В., Астафьев Е.А., Тимофеев Н.С.

Научный руководитель — Алпатов И.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день машиностроение представляет собой сложную многокомпонентную систему. При выпуске готового изделия задействовано множество производственных линий и технологических процессов. Их правильная организация и оптимизация играет ключевую роль в создании готового изделия за минимальное время с меньшими издержками [1].

Развитие вычислительной техники позволило использовать численные методы для описания и оптимизации путем применения имитационного моделирования.

Имитационная модель (ИМ) позволяет воспроизводить процесс функционирования системы во времени с сохранением элементарных явлений, их логической структуры и последовательности процессов. По исходным параметрам производственной линии становится возможным прогнозировать состояние процесса в определённые моменты времени, выявлять элементы и события, которые затормаживают выпуск продукции с последующим поиском решения и моделирования системы с необходимыми изменениями. Построение ИМ производилось в программе Siemens Technomatrix Plant Simulation.

Согласно исследованиям значительных различий между имитацией и реальным процессом нет, разница во времени обработки составляет около 1,07% [2]. Это утверждение позволяет сделать вывод, что моделирование в Plant Simulation считается точным и эффективным.

Первым этапом работы является анализ исходной системы и построение ИМ, которая основана на параметрах реального или проектирующегося производства, с учётом последовательности технологических процессов, времени обработки и транспортировки обрабатываемой детали.

Имитационная модель строилась на основе участка монтажа и склейки кабельной системы на панели для обработки материалопотока на участке с целью уменьшения времени ожидания и простоя рабочих мест, а также для наладки и оптимизации процесса сушки панели за счет увеличения вместимости сушильных шкафов.

Чтобы реализовать правильную последовательность материалопотока, каждой заготовке при поступлении в ИМ присваивалось значение параметра, определяющий степень её готовности. Транспортировка изделий на монтаж организовывался сортировочным элементом, который распределял заготовки в соответствии с количеством циклов произведённой обработки. Так обеспечивается максимальная бесперебойная работа станков.

Задачей оптимизации являлось уменьшение времени цикла производства одного изделия: варьируемым параметром задавалась вместимость каждого сушильного шкафа.

Генетический алгоритм позволил найти для каждого сушильного шкафа минимальную необходимую вместимость, при которой каждая установка работает с наибольшей эффективностью и минимальной блокировкой предыдущих процессов из-за нехватки места, что негативно влияет на весь производственный процесс. Принцип действия заключался в автоматическом подборе числа деталей, которые сможет одновременно обработать одна установка и в вычислении времени обработки.

Исходными данными для проведения оптимизации являлась партия из 32 панелей, производство которой занимало около 78 дней с циклом 5 дней на единицу. После увеличения вместимости сушильных шкафов время производства одной панели уменьшилось до 3 дней 20 часов, что позволило в целом сократить процесс производства на 21 день и повысить эффективность производства, вся партия была готова уже через 57 дней.

Список используемых источников:

1. Имитационное моделирование производственных систем предприятия Tecnomatix Plant Simulation [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. Е.А. Рамзаева, В.Г. Смелов, В.В. Кокарева. — Электрон. текстовые и граф. дан. — Самара, 2013.

2. Gonzalez J. H. C. Q., Kuwahara N. Production Line Virtualization Process Using Plant Simulation Tool.

### **Сравнение способов получения заготовки для сложнопрофильной тонкостенной детали — «Патрубок», системы кондиционирования воздуха, по двум технологиям: аддитивной и традиционной**

Арзамасов К.Д.

РТУ МИРЭА; ПАО «Туполев», Москва

В данной работе рассмотрен вариант изготовления детали из заготовки, полученной по аддитивной технологии методом селективного лазерного плавления (СЛП) с последующей механической обработкой. Проведено сравнение технологических процессов механической обработки аддитивной заготовки и заготовки, полученной традиционным способом. Произведен экономический расчет себестоимости изготовления детали по двум технологиям и их сравнение.

«Патрубок» является сложнопрофильной тонкостенной деталью, что предполагает ее изготовление методом СЛП. Деталь является элементом системы отвода воздуха.

Для начала изготовления детали на аддитивной установке необходимо произвести моделирование расположения детали на платформе и создание поддержек в программеслайсере.

Изготовление заготовки происходит при помощи установки M2 Cusing, режимы работы которой определены в РТМ 1.4.2414-2020, разработанном ОАО «НИАТ» для изготовления деталей из порошка нержавеющей стали. В процессе изготовления детали из порошка ПР-12Х18Н10Т должны быть выращены образцы-свидетели в количестве 5 штук. Направление выращивания образцов в плоскости ХУ. Удаление поддержек и последующие операции могут быть произведены только после отжига совместно с платформой построения, который необходим для снятия внутренних напряжений, образовавшихся в процессе изготовления. Отделение заготовки, образцов-свидетелей от платформы и удаление поддержек производится с помощью слесарного инструмента. С целью подтверждения качества материала образцы и деталь подвергают неразрушающему контролю — рентгенографическому исследованию на несплошности, механические характеристики подтверждаются испытаниями образцов с целью определения предела прочности при растяжении и относительного удлинения. После чего производится финишная механическая обработка заготовки. По завершению этих операций следует промывка детали, контроль геометрии и нанесение покрытия.

В основу определения трудоемкости изготовления деталей положена удельная производительность операции  $Q_1$ , кг/мин. Значения удельной производительности подготовительной операции, операции изготовления методом селективного лазерного плавления и слесарной операций определены экспериментально на основе хронометража; для операции механической обработки — из соответствующих нормативов ОАО «НИАТ». Для оставшихся операций принято фиксированное время выполнения, также определенное экспериментально.

С целью доказательства преимущества применения аддитивных технологий для создания сложнопрофильных деталей также был разработан маршрут изготовления и обработки заготовки детали без применения аддитивной технологии.

Сравнение показывает, что послойный синтез заготовки экономически целесообразнее, так как позволяет сократить время на изготовлении оснастки, уменьшить количество операций механической обработки и повысить коэффициент использования материала, хотя и требует наличие более дорогостоящего и технически сложного оборудования. При этом сложность изготовления детали из-за ее нижней части, представляющей собой сетку с находящимися не под прямым углом друг к другу ребрам, не позволяет изготовить ее по традиционной технологии с соблюдением всех геометрических параметров, заданных конструктивно.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы: создание заготовки детали по аддитивной технологии позволяет уменьшить количество технологических переходов в 13 раз; количество переходов при механической обработке детали в 2,5 раза, таким образом можно снизить себестоимость изготовления детали при единичном производстве в 14 раз при обеспечении всех заданных требований.

Разработанные в данной работе технологический процесс, экономический анализ и сравнение доказывают необходимость применения аддитивной технологии в авиастроении при изготовлении деталей и прототипов, так как исключается ограниченность традиционных методов относительно формы деталей, что позволяет значительно менять конструкцию в сторону уменьшения массы изделий.

Список используемых источников:

1. РТМ 1.4.2414-2020. Проектирование и изготовление деталей из алюминиевого, титанового сплавов и стали технологией послойного лазерного синтеза.
2. Нормативы ОАО «НИАТ»

## **Исследование стохастической модели Курно**

Бабаева А.Я.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Иванов С.В.

МАИ, Москва

Изучается модель Курно, описывающая ситуацию, когда на рынке находятся две конкурирующие компании, производящие одну и ту же продукцию в соответствии со своей производственной функцией и имеющие линейную функцию издержек. Цена зависит от количества производимой обеими компаниями продукции, а также от случайного параметра. Предполагается, что компании осведомлены о том, что конкурент принимает решение единожды и не меняет свою стратегию в дальнейшем. В сформулированной модели ставится задача поиска равновесий по Нэшу и Штакельбергу. Для нахождения равновесия по Нэшу рассматриваются квантили потерь и функции вероятности, взятые с противоположными знаками и полагается, что случайный параметр функции цены распределен нормально. Таким образом, каждая компания стремится максимизировать свою прибыль, гарантированную с заданной вероятностью. Для нахождения равновесия по Штакельбергу модель модифицируется так, что одна из компаний принимает решение раньше другой, то есть становится лидером, а его конкурент — последователем. Далее рассматриваются комбинации вероятностных и квантильных критериев для лидера и последователя со случаями, когда лидер владеет информацией о параметре цены.

В докладе обсуждается нахождение оптимальных стратегий каждой компании, при которых достигается равновесие по Нэшу и Штакельбергу для этой модели в общем виде, а также численная реализация поиска равновесия по Нэшу для случая, когда оба игрока используют вероятностный критерий, причем параметр, который не должна превышать случайная величина, может быть разным. Это позволяет учесть различные склонности компаний к риску.

## **Квантово-химическое моделирование спектров комбинационного рассеяния света жирных кислот**

Бермагамбетов А.Б., Суворова М.С., Назин В.Д.  
Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Сагитова Е.А.  
МАИ, Москва

Явление комбинационного рассеяния (КР) света (английское название Raman scattering) заключается в том, что при облучении вещества монохроматическим излучением с частотой  $\nu_0$  в спектре рассеянного света, наряду с возбуждающим излучением, появляется излучение с новыми частотами  $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_s$ . Разность  $\pm \Delta \nu_s = \nu_0 - \nu_s$  между частотами смещенных линий  $\nu_s$  и частотой возбуждающего излучения  $\nu_0$  равны или кратны частотам собственных молекулярных колебаний вещества.

Количество, положение и интенсивности линий КР определяются молекулярным строением вещества и могут быть использованы для диагностики практически любых веществ, за исключением металлов, и в любом агрегатном состоянии (газ, жидкость, кристалл) [1].

Моделирование спектров КР позволяет провести отнесение линий в спектре, т.е. установить соответствие между наблюдаемыми в эксперименте частотами линий и типом колебаний, спрогнозировать как изменится спектр при изменении строения молекулы или агрегатного состояния вещества.

Моделирование спектров КР изолированных молекул и димеров было выполнено на основе метода теории функционала плотности с применением функционала OLYP и расширенного базиса гауссова типа 4z. Для расчетов спектров использовалась некоммерческая программа «Природа» [2].

В работе представлены результаты исследований, в рамках которых моделировались спектры КР жирных кислот. Установлена зависимость частоты линии КР, соответствующей симметричным валентным колебаниям С-С групп, от длины углеводородной цепи в молекуле жирной кислоты. Показано, что моделирование спектров КР жирных кислот следует проводить с учетом межмолекулярного взаимодействия. Спектры КР, рассчитанные для изолированных молекул не позволяют объяснить основные закономерности в экспериментальных спектрах.

Данная работа направлена на усовершенствование квантово-химического моделирования и, как следствие, развитие спектроскопии КР.

Список используемых источников:

1. Кольрауш К. «Спектры комбинационного рассеяния». — Иностранная литература. Москва. 1952 г., — 466 с.

2. Kuznetsov S.M., Novikov V.S., Sagitova E.A., Ustynyuk L.Yu., Glikin A.A., Prokhorov K.A., Nikolaeva G.Yu., Pashinin P.P. Raman spectra of n-pentane, n-hexane, and n-octadecane: Experimental and density functional theory (DFT) study // Laser Phys. 2019. V. 29.

## **Исследование стохастической модели конкуренции поставщиков продукции** Блистунова В.С.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Иванов С.В.  
МАИ, Москва

В данной работе рассматривается задача построения модели конкуренции между двумя поставщиками на рынке продукции со случайным спросом. Стохастическая модель построена с вероятностным критерием относительно функции прибыли. Функция прибыли зависит от цены первоначальной закупки продукции и выбранной стратегии, реализации спроса и стратегии конкурента, цены продукции в случае дополнительной закупки, цены избавления от лишней продукции. Для данной функции задан вероятностный критерий, то есть для каждого игрока зафиксирован допустимый уровень потерь и записана функция вероятности, определяемая как вероятность того, что издержки не превысят заданного уровня.

В результате работы была сформулирована задача для рынка продукции без конкуренции, а также найдено аналитическое решение. На основе данных результатов, была построена модель конкуренции с двумя игроками и найдено аналитическое решение поставленной задачи. Также проведены численные эксперименты, подтверждающие корректность построенных моделей и найденных решений.

В работе были исследованы равновесия по Нэшу и Штакельбергу. Равновесием по Нэшу является такой исход, то есть совокупности стратегий игроков и их выигрышей, при котором ни один из игроков не сможет увеличить свою прибыль при единоличном изменении стратегии. Равновесие по Штакельбергу находится в игре, где один из игроков выбирает стратегию, которой будет придерживаться, и объявляет о ней на рынке, остальные игроки принимают решения, основываясь на полученной информации. Для сформулированной модели конкуренции рассмотрены два варианта действия игроков: поставщики не имеют информации о стратегии конкурента, один из поставщиков выбирает стратегию развития, опираясь на знание о стратегии конкурента. Для данных случаев определены равновесия по Нэшу и Штакельбергу соответственно. Равновесия найдены для рассматриваемой модели конкуренции, а результаты проверены на численных примерах.

Список используемых источников:

1. Кибзун А.И., Кан Ю.С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями. // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 361 с.: ил.
2. Shapiro A., Dentcheva D., Ruszczyński A. Lectures on Stochastic Programming: Modeling and Theory, Second Edition. // Publisher: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2009
3. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами: Учеб. пособие. // 3-е изд., испр. и доп. — М.: Физматлит, 2007.

### **Решение задачи выбора наилучших вариантов дронов с помощью аппроксимации равноценных векторных оценок**

Ворошилов А.П.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Яшина Н.П.

МАИ, Москва

Рассматривается проблема выбора лучшей альтернативы из заданного множества. Каждая альтернатива оценивается по набору критериев качества. Альтернативы должны быть ранжированы в порядке предпочтительности.

В первую очередь, необходимо выбрать метод решения задачи и определить весовые коэффициенты относительной важности критериев. Чаще всего, используемым методом решения таких задач является построение функции полезности в виде различных типов сверток, таких как аддитивная, мультипликативная или параболическая. Было предложено произвести выбор типа свертки в диалоге с лицом, принимающим решение (ЛПР), на основе равноценных векторных оценок альтернатив по критериям качества [1, 2].

Полученные от ЛПР равноценные векторные оценки, представляющие собой точки в многокритериальном пространстве, аппроксимируются с определенной точностью прямой линией и параболой (в случае двух критериев). Возможность применения мультипликативной свертки определяется прямой, которая аппроксимирует логарифмы векторных оценок. В случае трёх критериев логарифмы оценок аппроксимируются плоскостью. Аппроксимация выполняется с заданной точностью. Используется метод наименьших квадратов. Точность оценивается с помощью среднеквадратичной ошибки MSE (mean squared error).

При аппроксимации гиперплоскостью, отношения весовых коэффициентов важности критериев получается, как модуль тангенса угла наклона прямых линий, полученных в координатных плоскостях при пересечении с гиперплоскостью.

Выбор свертки осуществим следующим образом: при какой аппроксимации получилась наименьшая ошибка MSE, такой вид свертки и выбираем для ранжирования альтернатив по

предпочтительности. Если заданная точность не была достигнута, то при необходимости точность аппроксимации может быть уменьшена.

На заключительном этапе, приведя шкалы критериев к однородным, упорядочим альтернативы в соответствии со значениями, полученными по формулам свертки.

Разработанный алгоритм помог выбрать лучшую модель дрона для наблюдения за местностью на определенном расстоянии.

Были выбраны следующие критерии качества:

1. Стоимость. Оценки по шкале этого критерия будут минимизироваться (лучшая оценка — наименьшая цена дрона). Учет этого критерия целесообразен, когда компания имеет ограниченные финансовые ресурсы.

2. Дальность полета. Оценки по шкале критерия будут максимизироваться.

3. Качество съемки. Оценки по шкале данного критерия будут максимизироваться.

Для решения задачи ранжирования дронов применялся разработанный метод выбора алгоритма построения агрегированной оценки дронов по критериям. Весовые коэффициенты важности критериев были получены с использованием информации, полученной от ЛПП о равноценных векторных оценках альтернатив [1].

В результате решения задачи оптимального выбора можно ранжировать беспилотники с соответственным учётом важности всех критериев качества.

Список используемых источников:

1. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. 560 с.

2. Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII Гагаринские чтения 2022. — М.: Издательство «Перо», 2022. — Мб. [Электронное издание]. — С. 424–425.

## **Исследование эффективности метода полиэдральной аппроксимации множеств достижимости и управляемости линейных дискретных систем с ограниченным управлением**

Герасимова К.В., Мохначева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

Посредством линейных дискретных систем может быть описано большое количество объектов управления в аэрокосмической технике. Одной из задач их исследования является изучение проблем управляемости и достижимости. То есть, определение возможности перевода систем из заданного начального состояния в некоторое конечное.

Как правило, данная задача решается путем построения множеств 0-управляемости и достижимости за фиксированное число шагов. Известно, что данные множества являются выпуклыми телами и допускают аналитическое представление посредством сложения по Минковскому линейных преобразований выпуклых множеств. Отсюда следует практическая сложность представления множеств достижимости и управляемости, поскольку операция сложения по Минковскому трудно реализуема численно для всех случаев, кроме случая линейных ограничений, когда все рассматриваемые множества представляют собой многогранники.

Тем не менее, с помощью полиэдральной аппроксимации исходного множества допустимых значений управлений возможно перейти к линейным ограничениям и представить искомое множество 0-управляемости или достижимости в виде многогранника. При этом число вершин данного многогранника растет экспоненциально в зависимости от рассматриваемого временного горизонта, что делает довольно проблематичным дальнейшее исследование систем с точки зрения численных расчетов и реализации на ЭВМ. В связи с этим оказывается актуальным построение алгоритмов полиэдральной аппроксимации множеств 0-управляемости или достижимости линейных дискретных систем.

В данной работе исследуется алгоритм уточнения оценок для построения оптимальной полиэдральной аппроксимации при заданном уровне погрешности в смысле расстояния Хаусдорфа. Сложность применения данного метода заключается в том, что неизвестны на данный момент критерии, при которых полученные по алгоритму аппроксимирующие множества будут оптимальными или хотя бы допустимыми.

Работа нацелена на изучение возможности построения оптимальной аппроксимации посредством метода уточнения оценок. Для этих целей были проведены численные эксперименты для различных линейных дискретных систем с линейными ограничениями на управление, была получена зависимость погрешности от сложности описания аппроксимирующего множества. Данная зависимость предполагается гиперболической, согласно расчётам. Также были проведены исследования для определения, можно ли построить оптимальную аппроксимацию итерационным методом уточнения оценок.

Список используемых источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Новожилкин Н.М., Порцева Е.Ю. О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстродействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением // *АиТ*. 2021. № 12. С. 48–72.

2. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. О задаче оптимального быстродействия для линейной дискретной системы с ограниченным скалярным управлением на основе множеств 0-управляемости // *АиТ*. 2015. №9. С.3-30

## **Методы априорного оценивания оптимального значения критерия качества в задаче быстродействия для линейной дискретной двумерной системы**

Гусева С.Р.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе обсуждается задача быстродействия для линейной дискретной двумерной системы, т. е. задача построения допустимого управления, переводящего систему из заданного начального состояния в начало координат за минимальное число шагов. Специфика задачи быстродействия для линейных систем с дискретным временем связана трудностями использования общепринятых методов таких, как метод динамического программирования и принцип максимума.

Известные методы решения задачи быстродействия для линейных дискретных систем основываются на использовании аппарата множеств 0-управляемости. Где множеством 0-управляемости называется множество тех начальных состояний, из которых можно перевести систему в начало координат за фиксированное число шагов. При этом решение задачи быстродействия состоит из двух этапов: вычисление минимального числа шагов, необходимого для достижения системой нуля, и построению оптимального управления. Данная работа заключается в исследовании первого этапа решения. Вычисление минимального числа шагов, необходимого системе для достижения нуля, сводится к последовательной проверке принадлежности начального состояния множествам 0-управляемости за различное число шагов. При этом рекуррентная процедура построения множеств 0-управляемости является довольно трудоемким с вычислительной точки зрения процессом, который требует численной реализации сложения двух множеств по Минковскому. По этой причине оказывается актуальной задача построения верхних и нижних оценок оптимального значения критерия в задаче быстродействия как функций от параметров системы.

В рамках доклада построение оценок минимального числа шагов, необходимого системе для достижения нуля, сводится к рассмотрению двух типов систем специального вида: систем с диагональной матрицей и множеством допустимых значений управлений в виде прямоугольника и систем с матрицей поворота и множеством допустимых значений управлений в виде круга. Особенность структуры данных систем позволяет построить

множества 0-управляемости для них в виде прямоугольников и кругов большего размера соответственно, что также обуславливает простоту проверки принадлежности им начального состояния, которая сводится к решению алгебраических неравенств относительно числа шагов. В результате для данных частных случаев оптимальное значение критерия может быть вычислено явно.

Случай произвольной линейной дискретной системы может быть сведен к рассмотренным специальным случаям посредством преобразования подобия для перехода в вещественный жорданов базис и аппроксимации множества допустимых значений управлений вписанными и описанными прямоугольниками или кругами. Данный факт приводит к возможности построения неравенств в явном виде для оценки искомого оптимального значения критерия в задаче быстрогодействия для линейной дискретной системы.

На основе полученных теоретических результатов были проведены расчеты оценок и точного значения минимального числа шагов, необходимого для перевода системы из начального состояния в начало координат. Численные эксперименты были выполнены для систем с действительными и комплексными собственными значениями.

Список используемых источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. «О задаче быстрогодействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем и ограниченным управлением»// АИТ. 2017. № 10. С. 3–32.

2. Ибрагимов Д.Н., Новожилин Н.М., Порцева Е.Ю. «О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстрогодействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением»// АИТ. 2021. № 12. С. 48–72.

## **Быстродействие гибридной модели Маркова-Дубинса с разделением объектов управления**

Евдокимова Е.А.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Бортакровский А.С.

МАИ, Москва

В работе рассматривается модель гибридной системы переменной размерности (ГСРП), описывающей плоское движение группы управляемых объектов. Движение начинает один составной объект (носитель), от которого в процессе функционирования системы отделяются простые объекты. Движение носителя представляется траекториями Маркова-Дубинса [1,2] с ограниченным по модулю угловым ускорением [3]. В этой модели кривизна траектории носителя не имеет разрывов (она меняется линейно с течением времени), т.е. объект управления не испытывает импульсных воздействий, как в классической модели Маркова-Дубинса [1,2]. Траектория носителя представляет собой гладкое соединение клотонд (спиралей Эйлера) и прямолинейных участков. Простые объекты, отделившись от носителя, движется прямолинейно и равномерно. Переключением гибридной системы считается отделение от носителя простых объектов, при этом количество управляемых объектов увеличивается, следовательно, размерность системы изменяется.

Задача состоит в нахождении управления, обеспечивающего наискорейшее достижение простыми объектами заданных терминальных положений (целей). Качество управления оценивается максимальным временем достижения всех целей, т.е. решается задача группового быстрогодействия.

С помощью принципа максимума [4] показано, что оптимальное угловое ускорение носителя либо максимальное по модулю (при поворотах), либо равное нулю (при прямолинейном движении). Оптимальное управление простыми объектами находится тривиально. Поэтому для решения задачи достаточно найти оптимальную точку разделения объектов управления и построить оптимальную траекторию носителя, попадающую в эту точку. Таким образом, задача сводится к конечномерной минимизации.

При решении задачи выяснилось, что существует три класса точек разделения: дальние, ближние «внешние» и ближние «внутренние». Класс точки разделения зависит от типа попадающей траектории: движение по клотоидам сначала с максимальным угловым ускорением, затем с минимальным угловым ускорением, потом движение по прямой (с нулевым угловым ускорением) — для, так называемых, дальних целей; движение по клотоидам сначала с минимальным угловым ускорением, затем с максимальным — для, так называемых ближних «внутренних» целей и движение по клотоидам сначала с максимальным угловым ускорением, затем с минимальным — для, так называемых, ближних «внешних» целей. Выбор точки разделения связан с построением чебышевского центра множества терминальных положений. Для решения задачи разработан алгоритм, применение которого демонстрируется на академических примерах.

Список используемых источников:

1. Марков А.А. Несколько примеров решения особого рода задач о наибольших и наименьших величинах // Сообщения Харьк. Мат. Общества. Вторая серия, I (1889). С. 250-276.
2. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length with a Constraint on Average Curvature, and with Prescribed Initial and Terminal Positions and Tangents // American Journal Mathematics, 1957, vol. 79, no. 3, pp. 497 — 516.
3. Бортакровский А.С., Евдокимова Е.А. Оптимальные траектории гибридной модели плоского движения летательного аппарата // 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 22-26 ноября 2021 года. Москва. Тезисы. — М.: Издательство «Перо», 2021, с. 412-413.
4. Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко, Математическая теория оптимальных процессов, Физматгиз, М. (1961), 392 с.

## **Имитационная модель внекорабельной деятельности космонавтов на поверхности Луны**

Ерохин В.А.

Научный руководитель — к.т.н. Пушкарь О.Д.

АО «ЦНИИмаш», Москва

Одним из наиболее сложных видов профессиональной деятельности космонавтов является внекорабельная деятельность (ВКД) — работа в открытом космосе за пределами герметичных отсеков. При выполнении ВКД космонавты, снаряженные в скафандры для работы в открытом космосе, осуществляют монтажные и ремонтные работы.

При формировании циклограммы внекорабельной деятельности — детального плана-графика работы космонавтов в открытом космосе от открытия до закрытия выходного люка шлюзового отсека — необходимо учитывать большое количество факторов. В связи с этим, планирование внекорабельной деятельности представляет собой неординарную задачу, одним из возможных путей решения которой является проведение исследований на основе применения имитационного моделирования — численных экспериментов с компьютерной моделью внекорабельной деятельности как динамической системы.

В докладе рассмотрена возможность оценки времени выполнения циклограммы внекорабельной деятельности космонавтов на Луне на основе построенной с использованием формализма цветных стохастических сетей Петри [1] дискретно-событийной модели, в которой внекорабельная деятельность представляется последовательностью состояний процесса ВКД с описанием вероятностной логики генерирования событий, приводящих в дискретные моменты времени к переходу динамических объектов — образов космонавтов из одного состояния в другое. Имитационная модель создана с использованием моделирующей системы CPN Tools. Модели в системе CPN Tools создаются с помощью графического редактора и языка программирования CPN ML, описывающего атрибуты сети [2].

Настройка параметров модели (в том числе математических ожиданий времени выполнения операций ВКД) может осуществляться с использованием данных реальных

космических пилотируемых миссий, а также результатов экспериментальных исследований на наземных комплексах натурального моделирования.

Эксперименты с имитационной моделью внекорабельной деятельности подтвердили её работоспособность. Разработанная имитационная модель может быть использована при планировании ВКД, а также для поддержки принятия решений в режиме реального времени в процессе реальной ВКД.

Список используемых источников:

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. — 264 с.
2. CPN Tools Homepage: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cpntools.org>. (Дата обращения: 23.01.2023).

## **Моделирование работы индикатора кругового обзора радиолокационной станции**

Коновской А.С., Рутковский С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеров С.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Изучение построения и функционирования радиолокационных станций (РЛС), формирования изображения на индикаторе кругового обзора (ИКО) в рамках обучения студентов по специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы» соответствующей приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики проводится, в основном, в формате лекций, что не является достаточным. Обучение операторов РЛС проводится на реальных, действующих РЛС в режиме обучения, что приводит к получению необходимого уровня знаний, но и уменьшению технического ресурса техники. В данной работе приводится описание разработанной в филиале «Взлёт» компьютерной модели ИКО РЛС, которую предполагается использовать при изучении следующих дисциплин: «основы теории радионавигационных систем», «основы теории радиолокационных систем», «основы теории радиоэлектронной борьбы», «основы теории радиосистем управления» а также обучения операторов индикаторов кругового обзора РЛС. В работе приведены соответствующие математические выкладки в достаточном для понимания объёме, представлен части программного кода разработанной модели, а также представлены пользовательское окно разработанной модели и результаты экспериментов по моделированию радиолокационной обстановки. Предложенная модель индикатора кругового обзора обладает большим потенциалом дальнейшего развития по совершенствованию радиолокационной обстановки и приближению её к более реальным обстановкам, но уже сейчас может применяться студентами для обучения.

Список используемых источников:

1. Косарукин В.А. Основы формирования инженерной этики // Труды МАИ. 2010. №37. URL: <https://trudymai.ru/upload/iblock/244/osnovy-formirovaniya-inzhenernoy-etiki.pdf?lang=ru&issue=37>
2. Чекушкин В.В., Царьков М.А., Антуфьев А.В. Система имитации радиолокационной информации и тренировки операторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2016. №1. с.15-21.
3. Радиотехнические системы: учебник для студ. высш. учебн. заведений / [Ю. М. Казаринов и др.]; под ред. Ю. М. Казаринова — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 592 с. ISBN 978-5-7695-3767-7
4. Нестеров С.В. Анализ обстановки, отображаемой индикатором кругового обзора радиолокационной станции: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2013. — 36 с.: ил. ISBN 978-5-4316-0168-2

## **Исследование метрик для задачи коммивояжёра на основе полиномиальных специальных случаях**

Красоткин С.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

Задача коммивояжёра — оптимальный обход всех вершин заданного графа хотя бы по одному разу и возвращению в исходную точку старта. В классической постановке требуется посетить все вершины единожды. В других вариантах задачи это требование может быть ослаблено или в условие могут добавить дополнительные критерии к маршруту по графу. Многие постановки задачи коммивояжёра могут быть решены точно только полным перебором. Однако, некоторые специальные случаи этих задач могут быть решены за полиномиальное время. В частности, случай с выпуклой оболочкой и линией, результат с совпадением пирамидального маршрута с оптимальным, или когда матрица стоимости имеет специальный вид перестановочной матрицы Калмансона. Из-за долгого времени работы задачу коммивояжёра обычно решают не точно, а с помощью эвристик.

Существует способ получения абсолютной ошибки значения для решения NP-трудных задач на основе введения метрического пространства[1]. В работе исследуется такой подход к задаче коммивояжёра с целевой функцией стоимости пути, опираясь на полиномиальные специальные случаи. Для этого подбираются функции на пространстве задачи коммивояжёра, которые соответствуют определению метрик. После чего для заданного экземпляра задачи коммивояжёра с помощью введённой метрики находится ближайший экземпляр из специального случая с известным полиномиальным алгоритмом. Для него находится оптимальная стоимость обхода графа и через метрику строится оценка для целевой функции исходного экземпляра.

Проведены численные эксперименты на эталонных данных и случайно сгенерированных для получения средней погрешности точного решения, сравнивая с решателями. Полученные результаты обоснованы теоретически.

Проанализирована возможность ввести верхнюю оценку погрешности для подхода на основе метрического пространства для задачи коммивояжёра над множеством полиномиальных специальных случаев.

Список используемых источников:

1. Alexander A. Lazarev, Darya V. Lemtyuzhnikova, Frank Werner, A metric approach for scheduling problems with minimizing the maximum penalty // Applied Mathematical Modelling, Volume 89, Part 2, January 2021, Pages 1163-1176
2. Gilmore PC, Lawler EL, Shmoys DB. Well solved special cases. In: Lawler EL, Lenstra JK, Rinnooy Kan AHG, Shmoys DB, editors. The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization, New York: Wiley, 1985:87—143

## **Методы суперэллипсоидальной аппроксимации в задачах оптимального управления для линейных дискретных систем**

Подгорная В.М.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе рассматривается линейная дискретная система управления. Предполагается, что матрица системы невырождена, множество допустимых значений управлений — выпуклый компакт, содержащий в себе начало координат. Для системы решается задача быстрогодействия, то есть требуется построить набор допустимых управляющих воздействий, который за минимальное число шагов переведет систему из начального состояния в начало координат.

Особенностью данной задачи является сложность использования стандартных методов теории оптимального управления, что обусловлено неединственностью оптимального

управления почти для всех начальных состояний и дискретным характером критерия качества.

Для случая строго выпуклых ограничений в [1] сформулированы необходимые и достаточные условия оптимальности траектории в виде принципа максимума. Тем не менее, практическое применение данного подхода является проблематичным, так как возникает сложность составления и разрешения системы уравнений для вычисления начального состояния сопряженной системы. В случае, когда множество допустимых значений управлений представляет собой эллипсоид, соответствующая система алгебраических уравнений может быть получена явно.

В данной работе предложена адаптация последнего метода на случай, если множество допустимых значений управлений представляет собой суперэллипс. Это может быть удобно с точки зрения аппроксимации выпуклого множества допустимых значений управлений исходной системы некоторым суперэллипсом, для которого задача быстродействия может быть решена аналитически. С другой стороны, при рассмотрении суперэллипсов появляется больше параметров свободы и повышается точность аппроксимации исходного множества, в сравнении с классическими методами эллипсоидальной аппроксимации.

В докладе задача суперэллипсоидальной аппроксимации сводится к выбору матрицы ориентации и параметров суперэллипса. Исходя из симметрии суперэллипсоидального множества предлагается искать матрицу ориентации в виде преобразования поворота, приводящего тензор инерции выпуклого множества к диагональной форме. Для нахождения длин полуосей и порядка суперэллипса, гарантирующих наилучшее заполнение аппроксимируемого множества в смысле меры Лебега, составлена задача выпуклого программирования.

Для двумерной линейной дискретной системы были проведены численные эксперименты. Для полиэдрального множества допустимых значений управлений был вычислен тензор инерции и проведена оптимальная суперэллипсоидальная аппроксимация. Для полученной вспомогательной системы был построен оптимальный по быстродействию процесс при помощи принцип максимума.

Список используемых источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем и ограниченным управлением // АИТ. 2017. № 10. С. 3–32.

2. Ибрагимов Д.Н., Новожилин Н.М., Порцева Е.Ю. О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстродействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением // АИТ. 2021. № 12. С. 48–72.

## **Планирование развития сети шоссейных дорог с помощью двухуровневой оптимизации**

Туманов Г.А.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Иванов С.В.

МАИ, Москва

В данном докладе изучается стохастическая постановка задачи оптимизации развития сети шоссейных дорог. Данная задача является развитием детерминированной модели развития. Транспортная сеть представляет собой ориентированный граф. В качестве дуг выступают дороги, а в качестве вершин выступают пункты. Стратегии лидера представляют собой степени увеличения пропускной способности каждой дороги. Стратегии последователя представляют собой транспортные потоки по каждой дороге и частичные транспортные потоки по каждой дороге в определённый пункт. Транспортные потоки определяются объёмами перевозок между пунктами, которые образуют случайный вектор с известным распределением. Задача последователя состоит в поиске оптимальных транспортных потоков при известной стратегии лидера и реализации вектора объёма

перевозок. Задача лидера состоит в подборе оптимальной стратегии развития транспортной сети, учитывая стратегии последователя и случайный вектор объёмов перевозок.

Данная задача сводится к стохастической линейной задаче двухуровневой оптимизации. В случае дискретного распределения случайного вектора, задача сводится к задаче смешанного линейного программирования большой размерности. В случае непрерывного распределения строится выборочная аппроксимация, с помощью которой получается приближённое решение. В докладе приведены результаты численных экспериментов, полученные с помощью языка программирования Python и библиотеки `gurobi`. Была доказана сходимость приближённых решений при увеличении размерности выборочной аппроксимации.

Список используемых источников:

1. Ivanov S.V., Ignatov A.N. Sample Approximations of Bilevel Stochastic Programming Problems with Probabilistic and Quantile Criteria // In: Pardalos P., Khachay M., Kazakov A. (eds) Mathematical Optimization Theory and Operations Research. MOTOR 2021. Lecture Notes in Computer Science, 2021, vol. 12755, pp. 221–234. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77876-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77876-7_15)
2. O. Ben-Ayed, C.E. Blair, D.E. Boyce and L.J. LeBlanc, «Construction of a Real-World Bilevel Programming Model of the Highway Network Design Problem.» Annals of Operations Research, Vol. 34, No. 1-4, pp. 219-254 (1992)

### **Алгоритмическое и программное обеспечение процедуры робастного оценивания координат вектора состояния математической модели управляемого движения самолета**

Хвошнянская Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

Необходимость решения задачи оценивания координат вектора состояния возникает в случаях, когда их непосредственное измерение в процессе управления динамическими системами затруднено или невозможно. В случае описания системы управления линейными уравнениями состояния и выхода обычно применяются два подхода. Первый связан с предположением о случайном характере внешних воздействий, действующих на модель объекта, и помех, возникающих в модели измерительной системы. В этом случае применяется теория оптимальной линейной фильтрации. Во втором подходе внешние воздействия и помехи считаются ограниченными функциями времени. Тогда, как правило, применяются либо теория синтеза  $H_\infty$  регуляторов и наблюдателей, либо теория синтеза асимптотически устойчивых наблюдателей полного и низкого порядков.

Рассматривается случай управления линейной непрерывной детерминированной системой с оптимальным регулятором в обратной связи, обеспечивающим минимум квадратичного критерия качества и асимптотическую устойчивость замкнутой системы в условиях полной информации о векторе состояния. Матрица коэффициентов усиления оптимального линейного регулятора находится в результате решения дифференциального уравнения Риккати. Далее предполагается, что функционирующая замкнутая система находится под воздействием неопределенного ограниченного внешнего воздействия. При этом имеется информация от измерительной системы, описываемой линейной моделью с ограниченной неопределенной помехой. Требуется по этой информации найти оценку координат вектора состояния системы. Целью такой процедуры может быть формирование дополнительного контура обратной связи, в котором вместо вектора состояния используется его оценка.

Предложены процедура решения задачи синтеза  $H_\infty$  наблюдателя состояния, использующая сведение  $H_\infty$  — проблемы к минимаксной задаче оптимального управления. В этой задаче ищется минимум критерия качества по матрице коэффициентов усиления наблюдателя, а максимум — по внешнему воздействию, помехе измерений и

начальным условиям. Для решения этой задачи применен принцип расширения и получены достаточные условия оптимальности, требующие выбора вспомогательных функций типа Кротова-Беллмана. В результате реализации процедуры выбора вспомогательной функции и использования правил матричного дифференцирования получены соотношения для синтеза наблюдателя и формулы для нахождения наилучшей матрицы коэффициентов усиления наблюдателя, а также законы выбора наилучших внешних воздействий и помех. Предложенная схема решения продемонстрирована в задаче управления математической моделью самолета L-1011.

Решена задача синтеза  $H$  infinity наблюдателя для оценки координат вектора состояния модели движения гражданского самолета. Показано, что при ограниченных начальных условиях, внешних воздействиях и помехах измерений ошибки оценивания координат вектора состояния стремятся к нулю.

Список используемых источников:

1. Topics in control theory (1993)/ H. W. Koobloch; A. Isidori; D. Flockerzi (DMV-Seminar; Bd. 22), Basel ; Springer.
2. Doyle J, Francis B, Tannenbaum A (1990) Feedback Control Theory. Macmillan Publishing Co.
3. Skogestad S, Postlethwaite I (2005) Multivariable Feedback Control: Analysis and Design.- John Wiley and sons.
4. Пантелеев А В, Бортаковский А С (2016) Теория управления в примерах и задачах. М.: ИНФРА-М.

## **Секция №7.2 Компьютерное моделирование и численный эксперимент**

---

### **Накопление повреждений в композиционных панелях при малоцикловом нагружении**

Акулин П.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Дудченко А.А.

МАИ; ОКБ «Сухого», Москва

Композиционные материалы (КМ) находят широкое применение в авиационной промышленности в силу своих уникальных свойств. В свою очередь, применение КМ требует дополнительного изучения вопросов накопления повреждений.

В данной работе рассматривается гибкий элемент из КМ, который служит накладкой между хвостовой частью крыла и механизацией. Данный элемент устанавливается в преднатяг и деформируется, отслеживая отклонения механизации, находясь с ней в постоянном контакте. Это позволяет скрыть зазор между хвостовой частью крыла и механизацией, тем самым создать непрерывный аэродинамический контур. Существует ряд проблем при эксплуатации гибкого элемента:

деградация свойств КМ при малоцикловом нагружении приводит к критической потере жесткости, гибкий элемент перестает выполнять свою целевую функцию;

гибкий элемент находится в постоянном контакте с подвижными элементами механизации, вследствие чего происходит износ конструкции от трения;

циклическое нагружение может привести к разрушению конструкции или потере жесткостных характеристик материала.

В данной работе рассматривается деградация жесткостных характеристик гибкого элемента при действии малоциклической нагрузки.

Предполагается, что процесс накопления микродефектов в основном является следствием, которое регулируется физическими термодинамическими законами, основанными на энтропийном подходе [1-4]. Для связывания состояния повреждения материала с его соответствующими свойствами и для точного описания эффекта деградации используется микромеханический подход.

Алгоритм оценки ущерба в композиционной структуре основан на следующих предположениях.

Композиционная структура материала находится в состоянии плоского напряжения.

Волокна в каждом слое не подвержены повреждению.

Повреждение в матричной системе в форме микротрещины, будет рассматриваться как один из основных механизмов роста повреждений композитного материала.

Контакты между слоями остаются неповрежденными.

Проведена валидация КЭМ с натурным экспериментом. Получено распределение напряжений по толщине пакета КМ панели.

Полученные напряжения в КЭМ были использованы для теоретического расчета деградации жесткостных характеристик гибкого элемента. Были найдены зависимости деградации модуля упругости в поперечном направлении от действующих нагрузок. Произведена идентификация теоретических расчетов по результатам натуральных экспериментов. Сравнение эффективных модулей упругости теоретического расчета и натуральных испытаний показали схожий характер диаграмм.

Список используемых источников:

1. Lurie S.A. On the entropy damage accumulation model of composite materials. Proc. Of workshop on computer synthesis structure and properties of advanced composites — Russia-US, Institute of Applied Mechanics; 1994, pp. 6-18.

2. Канаун С.К., Чудновский А.И. О квазихрупком разрушении //Механика твердого тела. 1970. №3. С. 185-186.

3. Киялбаев Д.А., Чудновский А.И. О разрушении деформируемых тел //ИМТФ. 1970. №3. С. 105-110.

4. Soborejo A.B.O. Use of entropy principles in estimating reliability functions for creep rupture characteristics of engineering materials at high temperatures, — Proc. Internat. Conf. Strength. Metals and Alloys, Tokyo, 1967. P. 252-256.

## **CFD моделирование ступени осевого компрессора в постановках Steady State и Transient Blade Row**

Амосова Т.В., Пикулев А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Каминский И.Р.

ПНИПУ; АО «ОДК-Авиадвигатель», Пермь

Трехмерное математическое моделирование, реализованное в различных комплексах САЕ (Computer-aided engineering), в настоящее время имеет наиболее широкое применение в области двигателестроения. Оно представляет собой достаточно обширный класс различных систем, позволяющих проводить исследования не только характеристик динамики и прочности машиностроительных конструкций, но и расчеты задач динамики жидкости и газа, электромагнитных и акустических полей.

Трехмерное CFD-моделирование является многофункциональным инструментом для анализа изменения параметров по тракту осевого компрессора как в стационарной (Steady State), так и в нестационарной постановке (Transient).

Steady State методы хорошо работают в рассмотрении работы турбомашин на рабочих точках, требуют меньше вычислительных ресурсов и времени на расчет за счет более простых алгоритмов и уравнений в вычислениях. Принцип работы заключается в игнорировании нестационарных членов уравнений, с целью получения квазистационарной аппроксимации. Стационарное ротор-статор взаимодействие лопаточных машин осуществляется с помощью интерфейса Stage/Mixing Plane Interface, который осредняет параметры газового потока в окружном направлении.

За счет осреднения параметров при передаче их с одного домена на другой возникают дополнительные потери на интерфейсе, интерпретируемые, как потери вследствие смешения. Эти потери подразумевают физическое перемешивание, возникающее при относительном движении между ротором и статором. Значение этого перемешивания оказывается достаточно велико, чтобы позволить любому профилю скорости, располагающемуся выше основного потока, смешаться перед входом в последующий домен ниже по потоку.

При использовании данного метода взаимное положение лопаток не оказывает влияния на результат, поскольку интерфейс делится на кольца в радиальном направлении, за счет которых и происходит осреднение параметров.

Стоит отметить, что помимо Stage/Mixing Plane Interface, ротор-статор взаимодействие может осуществляться при помощи интерфейса Frozen Rotor Interface.

В этом случае преобразование параметров потока воздуха осуществляется за счет масштабирования без осреднения в окружном направлении, при этом не учитывается взаимное изменение положения ротора и статора во времени, поэтому интерфейс имеет в названии Frozen (замороженный).

В нестационарных методах, таких как Transient полностью учитывается взаимодействие ротора и статора между собой. Как правило, в роторе и статоре различное число лопаток, то есть разные угловые размеры доменов, именно поэтому необходимо увеличивать число межлопаточных каналов, чтобы в результате угловые размеры расчетной области ротора и статора были одинаковыми. Это является одной из основных сложностей данной постановки, поскольку расчетная область становится более громоздкой, уравнения более массивными. В таком случае времени на расчет и вычислительных ресурсов потребуется гораздо больше.

Помимо классического нестационарного типа Transient возможно применение специальных методов, позволяющих преобразовывать передачу информации через интерфейсы различными способами для достижения реальной картины течения. Одним из таких методов является Transient Blade Row, включающий в себя различные способы преобразования, такие как:

- Profile Transformation,
- Time Transformation,
- Fourier Transformation.

Таким образом, для сравнения описанных выше методов, были проведены расчеты ступени компрессора низкого давления в Steady State и Transient Blade Row постановках с использованием метода преобразования Profile Transformation, по результатам которых произведен анализ полученных результатов. Этот метод основан на изменении шага в каналах лопаточного венца путем масштабирования профилей потока на ротор-статор интерфейсе. Масштабирование потока пропорционально угловому соотношению между доменами ротора и статора. Profile Transformation обеспечивает полное сохранение параметров течения и быстрое решение проблем нестационарного взаимодействия в турбомашинах.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что с использованием нестационарной постановки расчета значительно снижается погрешность в передаче параметров на интерфейсах между ротором и статором, что говорит об увеличении качества моделирования ступени компрессора. Расчетная модель наиболее приближена к реальной, поскольку перемешивание, возникающее вследствие относительного движения не оредняется, а моделируется напрямую.

Также получена различная картина течения в лопаточных венцах, из которой можно сделать вывод о том, что Transient Blade Row позволяет наиболее подробно описать взаимодействия газового потока в рабочем колесе с входным направляющим аппаратом и со спрямляющим аппаратом за счет возможности распространения ударных волн и лопаточных следов, распространяющихся как вверх, так и вниз по потоку.

Применение нестационарной постановки по методу Transient Blade Row позволяет производить расчет и анализ колебаний лопатки с целью выявления флаттера.

Список используемых источников:

1. ANSYS CFX Theory Guide. ANSYS CFX release 19.2.2018

## **Применение методов математического моделирования для расчета высокоскоростного течения вязкого газа вблизи обтекаемой поверхности с установленным на ней препятствием**

Бабич Е.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Колесник Е.В.

СПбПУ Петра Великого, Санкт-Петербург

В настоящее время методы численного моделирования сложных течений вязкого газа для решения инженерных задач получают все большее распространение, так как позволяют существенно снизить объем дорогостоящих экспериментов и получить детальную информацию о структуре, присущей конкретному потоку. На практике часто встречаются задачи, которые требуют детальных знаний об особенностях обтекания сверхзвуковым потоком вязкого газа какого-либо препятствия, установленного на обтекаемой поверхности, в частности, при конструировании таких элементов высокоскоростных летательных аппаратов, как соединения фюзеляжа и крыла, хвостового оперения и др. [1-2]. Течения в такого рода конфигурациях являются, как правило, существенно трехмерными и им присущи сложные, не до конца изученные явления вязко-невязкого взаимодействия: формирование системы скачков и волн уплотнения; образование перед препятствием протяженной отрывной области с системой подковообразных вихрей; высокая неоднородность локального теплообмена и т.д.

Целью данной работы является исследование структуры течения при взаимодействии сверхзвукового потока вязкого газа с трехмерным препятствием, установленным на обтекаемой поверхности. Для составления обобщенной картины течения были проведены исследования с варьированием определяющих параметров задачи, исследование формы препятствия, наклона обтекаемого тела (угол скоса), способа сочленения препятствия и обтекаемой поверхности, угла атаки набегающего потока.

Численные расчеты трехмерных уравнений Навье-Стокса для вязкого совершенного газа (на сетках, содержащих до 10 миллионов ячеек) выполнены при помощи конечно-объемного «неструктурированного» программного кода SINF/Flag-S, разрабатываемого в СПбПУ, с использованием ресурсов суперкомпьютерного центра Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого ([www.scc.spbstu.ru](http://www.scc.spbstu.ru)).

Расчеты проводились для воздуха (число Прандтля принималось равным 0.7, показатель адиабаты — 1.4). Препятствие закреплено на расстоянии 30 калибров от передней кромки пластины. Основная серия расчетов проводилась при числе Маха набегающего потока, равном 5, и числе Рейнольдса, построенном по диаметру затупления, равном 4000; при этом препятствие было закреплено перпендикулярно пластине, и поток набегал на тело под нулевым углом атаки. При проведении параметрических расчетов варьировались параметры набегающего потока: значения числа Рейнольдса и числа Маха. Проводилось исследование влияния геометрии препятствия: формы передней кромки затупления и угла скоса (наклона) тела, кроме этого рассматривалось обтекание препятствия при различных углах натекания потока на тело.

По результатам исследования было показано, что обособленное изменение некоторых параметров сходным образом влияет на структуру потока вблизи области сочленения. Например, при увеличении числа Рейнольдса и уменьшении числа Маха картина течения становится более сложной. Увеличивается отрывная область, число вихрей, а также интенсивность скачков уплотнения, что приводит к немонотонному распределению теплового потока и давления на поверхности пластины и обтекаемого тела. В некоторых случаях наблюдается переход к нестационарным автоколебательным режимам течения. Геометрия обтекаемого тела также значительно влияет на картину вязко-невязкого взаимодействия вблизи области сочленения: в случае более заостренной формы передней кромки (рассматривались различные эллиптические формы) отрывная область существенно уменьшается, сами вихри становятся меньше, пиковые значения теплового потока уменьшаются. Схожие тенденции наблюдаются и при увеличении угла скоса тела.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук, МК-3435.2022.1.1 «Исследование взаимодействия сверхзвукового потока вязкого газа с одиночными препятствиями, установленными на обтекаемой поверхности».

Список используемых источников:

1. Tutty O.R., Roberts G.T., Schuricht P.H. High-speed laminar flow past a fin-body junction // *J. Fluid Mech.* 2013. V. 737. P. 19–55.
2. Mortazavi M., Knight D. Simulation of Hypersonic-Shock-Wave-Laminar-Boundary-Layer Interaction over Blunt Fin // *AIAA J.* 2019. Vol. 57 (8). P. 3506–3523.

## **Расчёт дробления паракапельного потока метана**

Баранов Е.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тукмакова Н.А.

КНИТУ-КАИ, Казань

Объектом исследования является течение паракапельной смеси в проточном сечении канала регазификатора-подогревателя СПГ. Целью работы является численное исследование процесса диспергирования паракапельной смеси в канале регазификатора-подогревателя СПГ. От степени диспергирования жидкости зависит процесс её испарения и чем меньше размер капель фракций, тем больше становится площадь соприкосновения поверхности

капель с несущей средой и улучшается процесс теплообмена. В расчётах парок капельная смесь моделируется метаном, так как СПГ преимущественно состоит из жидкого метана.

В результате численного исследования динамики парок капельной смеси с учётом процесса дробления капель были получены гидро- и термодинамические параметры потока. Поток состоял из пара-метана и пяти дисперсных капельных фракций метана, отличающихся по размерам.

Дробление капель жидкости в широком диапазоне чисел Вебера, Рейнольдса, Лапласа может осуществляться различными методами газодинамического дробления в зависимости от значения заданных параметров, которые различаются интенсивностью и путями движения отделяемых частиц. В настоящей работе течение парок капельного потока сопровождалось газодинамическим дроблением капель по модели дробления капель тарельчатого типа, описанной в статье [1]. Дробление капли начиналось при достижении числом Вебера критического значения, равного 10, спустя время индукции. Средние размеры отрывающихся частиц, переходящих в равновесную мелкодисперсную фракцию капель.

Расчёты проводились с помощью программного комплекса [2]. Динамика полидисперсной парок капельной смеси описывалась с помощью системы уравнений движения несущей среды и дисперсных фракций, в которую входили уравнение неразрывности, уравнения сохранения компонент импульса и уравнение сохранения полной энергии с учётом теплообмена с дисперсными фракциями. Динамика каждой фракции описывалась с помощью уравнения сохранения средней плотности фракции, уравнений сохранения компонент импульса и уравнения сохранения тепловой энергии. Система уравнений записывалась в обобщённых криволинейных координатах и решалась явным методом Мак-Кормака второго порядка с расщеплением пространственного оператора по направлениям и со схемой нелинейной коррекции решения [3].

В расчётах значения продольной составляющей скорости несущей среды были выбраны равными  $M1 = 0,15$ ;  $M2 = 0,25$  и  $M3 = 0,40$ . В результате расчётов были получены гидро- и термодинамические пространственные характеристики потока — давление, скорость, температуры, плотность несущей среды и дисперсных фракций, а также их временные зависимости. Рассмотрим временные зависимости размеров и скоростей капельных фракций.

Мелкодисперсная равновесная по скорости и температуре с несущей средой фракция капель радиуса  $r_{10}=1$  мкм не участвовала в процессе дробления, поэтому её размер оставался неизменным. При  $M1 = 0,15$  для фракций с начальными радиусами  $r_{20} = 10$  мкм и  $r_{30} = 20$  мкм радиусы оставались постоянными, так как для капель этих фракций число Вебера не достигало критического значения. Для более крупных фракций с начальными радиусами  $r_{40} = 50$  мкм и  $r_{50} = 100$  мкм число Вебера превысило критическое значение в начальный момент времени и произошло дробление капель до размеров около 25 и 30 мкм соответственно. С увеличением числа Маха, при  $M2 = 0,25$ ,  $M3 = 0,40$ , началось дробление не только более крупных фракций капель с начальными радиусами 50 и 100 мкм, но и фракций капель с начальными радиусами 10 и 20 мкм. После потери массы капель крупных фракций вследствие дробления, их числа Вебера падают ниже критического значения, дробление капель прекращается и их размеры со временем остаются постоянными. Крупные фракции при начальной скорости несущей среды  $M2 = 0,25$  дробятся до размера около 13-14 мкм, при скорости несущей среды  $M3 = 0,40$  — до размера 12 мкм. Таким образом, при числах Маха  $M2 = 0,25$  и  $M3 = 0,40$  изначально полидисперсная парок капельная система в результате течения с учётом процесса дробления приближается к бидисперсной.

Для мелкодисперсной фракции радиуса  $r_{10} = 1$  мкм отсутствует скоростное скольжение относительно несущей среды, поэтому её скорость растёт быстрее прочих фракций. Фракции большего размера более инерционны, вследствие чего их скорость увеличивается медленнее. Пятая фракция с начальным размером  $r_{50} = 100$  мкм самая крупная, поэтому для неё процесс разгона происходит дольше всех фракций. С увеличением числа Маха, увеличивается интенсивность дробления, потому что увеличивается начальное скоростное скольжение

между фазами. При  $M3 = 0,40$  установившийся режим течения наступает раньше, чем в режимах при меньших начальных скоростях несущей среды, к моменту времени  $3 \cdot 10^{-4}$  с.

Расчёты показали, что при увеличении начальной скорости несущей среды увеличивается и число Вебера крупных фракций, что приводит к увеличению интенсивности дробления капель. В результате процесса дробления, движущийся полидисперсный парокапельный поток преобразовался в бидисперсный парокапельный поток с размерами капель 1 и 13 мкм.

Список используемых источников:

1. Арефьев, К.Ю. «Моделирование процесса дробления и испарения капель нереагирующей жидкости в высоконтальпийных газодинамических потоках» / К.Ю. Арефьев, А.В. Воронежский // Журнал теплофизика и аэромеханика. Москва, 2015 г. С. 585 -596.

2. Тукмакова, Н.А. Свид. 2022663012 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программный код для моделирования гидро- и термодинамики парокапельных систем явным методом Мак-Кормака в обобщённых криволинейных координатах (2D) / Н.А. Тукмакова, А.Л. Тукмаков; заявитель и правообладатель Н.А. Тукмакова (RU). — № 2022662024; заявл. 24.06.2022; опубл. 11.07.2022, Реестр программ для ЭВМ. — 1 с.

3. Тукмакова, Н.А. Моделирование динамики парокапельных сред в процессе регазификации: дис. ... канд. техн. наук. — Казань, 2019. — 178 с.

### **Исследование перфорационного охлаждения в условиях, соответствующих современным камерам сгорания ГТД**

Бобкова Д.Р., Егорова П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Четет И.В.

Самарский университет, Самара

Современные камеры сгорания работают на повышенных режимах, которые связаны с возникновением высоких температур и давлений, поэтому вопрос охлаждения стенок является актуальным. Существуют разные виды систем охлаждения: пленочное, конвективное, конвективно-пленочное, транспирационное и перфорационное, которое является наиболее перспективным, так как позволяет эффективнее использовать хладоресурс [1, 2, 3].

Для проведения анализа влияния различных геометрических параметров на эффективность перфорационного охлаждения в качестве исходных данных был взят сектор кольцевой камеры сгорания с шестью рядами отверстий диаметром 0,85 мм и шагом 8 мм. Толщина стенки 1,6 мм, температура холодного воздуха на входе — 957К, температура горячего воздуха — 1800К, что соответствует температурным режимам современных камер сгорания.

В ходе работы были исследованы различные геометрические параметры отверстий, которые являются технологически выполнимыми и их возможно внедрить в конструкцию камеры сгорания. Изменялись следующие параметры:

- 1) Углы наклона отверстий;
- 2) Углы поворота отверстий;
- 3) Углубления на горячей поверхности;
- 4) Виды геометрии отверстия;
- 5) Порядок расположения отверстий (линейный и шахматный).

Сопряженный расчет проводился в программе Ansys Fluent. Материал стенки был выбран ЭИ868 (ХН60ВТ). При задании материала учитывались значения теплопроводности и теплоемкости в зависимости от температуры.

За параметр эффективности было принято значение  $\eta$ , которое определяется как отношение разницы температуры горячего воздуха на входе и адиабатной температуры стенки к разнице между значениями температур горячего и холодного воздуха. Приведено сравнение зависимости эффективности охлаждения по длине стенки от геометрических

параметров. Даны рекомендации по выбору отверстий для наиболее эффективного охлаждения стенок жаровой трубы современных камер сгорания.

Список используемых источников:

1. А. Лефевр. Процессы в камерах сгорания ГТД; Пер. с англ. — М. // Мир, 1986.-566 с., ил.
2. Wang Qingwu, Li Weihua, Zhang Shihui. A simple temperature calculating method of flame tube inclined multi-hole wall // Case Studies in Thermal Engineering [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X19300668> (дата обращения 01.03.2023)
3. Кофман В. М. Математическая модель расчета теплового состояния кольцевых камер сгорания ГТД // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskaya-model-rascheta-teplovogo-sostoyaniya-koltsevyh-kamer-sgoraniya-gtd> (дата обращения 02.03.2023)

## **Способ внесения искусственных пульсаций скорости для уточнения описания пристенных течений методом SST-IDDES**

Будникова А.О.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Трошин А.И.

ЦАГИ, Жуковский

Гибридные RANS/LES-методы, такие, как IDDES (Improved Delayed Detached Eddy Simulation) [1], имеют большой потенциал в моделировании пристенных течений с отрывами. Комбинирование вихререзающего подхода LES с менее численно затратным подходом RANS вблизи стенки позволяет использовать более грубые, чем в случае чистого LES-расчета, сетки в пристенной области, но при этом точнее описывать отрывные течения по сравнению с RANS. Несмотря на длительный период развития гибридных методов, в них можно наблюдать некоторые нерешенные проблемы. К таким проблемам относятся заниженный коэффициент трения и нефизичный сдвиг на логарифмическом участке профиля скорости. Эти эффекты связывают с недостаточно быстрым нарастанием пульсаций скорости на границе областей RANS и LES [2].

Одним из часто используемых способов решения проблемы заниженного трения является искусственное добавление пульсаций скорости в область RANS/LES-перехода — так называемый

форсинг [2]. У известных методов форсинга есть некоторые общие проблемы, в частности неоднозначность выбора амплитуды пульсаций и нелокальность по пространству. В данной работе предлагается способ внесения форсинга, лишенный этих двух проблем.

В работе используется форсинг нормально распределенной случайной величиной с нулевым средним значением [2], а подбор амплитуды осуществляется с помощью принятия во внимание некоммутативности гибридного RANS/LES-фильтра и производной по пространству [3]. Некоммутативность предлагается учитывать для конвективных слагаемых, так как конвекция является определяющим эффектом в области RANS/LES-перехода. Форсинг добавляется в виде источниковых членов в уравнения импульса, а в уравнение энергии добавляется соответствующая работа сил форсинга.

В докладе предложенный метод тестируется в турбулентном пограничном слое над пластиной и в дозвуковом течении в гладком канале с расширением. Показано, что использование форсинга позволяет приблизить профиль скорости и распределение трения к эталонным данным в областях, где такие исправления необходимы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-71-10105, <https://rscf.ru/project/21-71-10105/>.

Список используемых источников:

1. Shur M.L., Spalart P.R., Strelets M.Kh., Travin A.K. A hybrid RANS-LES approach with delayed-DES and wall-modelled LES capabilities // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2008. V. 29, N. 6. P. 1638–1649.
2. Piomelli U., Balaras E., Pasinato H., Squires K.D., Spalart P.R. The inner–outer layer interface in large-eddy simulations with wall-layer models // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2003. V. 24, N. 4. P. 538–550.
3. Hamba F. Analysis of filtered Navier–Stokes equation for hybrid RANS/LES simulation // Physics of Fluids. 2011. V. 23, N. 1. P. 015108.

## **Формирование радиальной эпюры температуры в условиях современных камер сгорания**

Егорова П.А., Бобкова Д.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чечет И.В.

Самарский университет, Самара

Формирование радиальной эпюры температуры на выходе из камеры сгорания является ключевым аспектом для обеспечения долговечности лопаток соплового аппарата, так как неравномерность поля температур газа может приводить к их повреждению.

Радиальной эпюры зависит от многих факторов, включая соотношение скоростей потока воздуха в кольцевом канале и жаровой трубе, конструкцию камеры сгорания и конструктивное исполнение подвода воздуха во вторичную зону, тип организации процесса горения в жаровой трубе (RQL, LPP), а также тип форсуночного устройства и организацию горения в первичной зоне.

Исследование процессов смешения струй в жаровой трубе и разработка методов расчета температурных полей на выходе из камеры сгорания являются сложными, длительными, но актуальными задачами, требующими большого объема исследовательских работ.

В данной работе для проведения исследования был создан сектор полноразмерной модельной камеры сгорания, включающий наружный и внутренний каналы и проточную часть жаровой трубы, отделенную от каналов стенками толщиной 1,5 мм. Расчеты проводились с использованием программного комплекса ANSYS Fluent.

В результате исследования были получены зависимости параметров турбулентной струи в зависимости от геометрических характеристик отверстия истечения струи.

Установлено, что:

1. соотношение скоростей потока и струи влияет на равномерность радиальной эпюры температур;
2. влияние турбулентной струи на формирование эпюры температуры уменьшается при уменьшении ее скорости;
3. геометрические параметры отверстия влияют на характеристики струи (глубину проникновения в поток, смешение и др.).

Данные результаты могут быть использованы для разработки оптимальной конструкции камер сгорания, что позволит увеличить ресурс лопаток соплового аппарата и лучше понять процесс смешения топлива с окислителем.

Список используемых источников:

1. А. Лефевр. Процессы в камерах сгорания ГТД: Пер. с англ. — М. // Мир, 1986.-566 с., ил.
2. Г. Н. Абрамович. Турбулентные свободные струи жидкостей и газов [Текст] / Г. Н. Абрамович. — 2-е изд., доп. — Москва ; Ленинград : изд-во и тип. Госэнергоиздата, 1948 (Москва : Образцовая тип.). — 288 с.
3. Г. М. Горбунов. Выбор параметров и расчет основных камер сгорания ГТД [Текст] : [Учеб. пособие] / М-во высш. и сред. спец. образования СССР. Моск. авиац. ин-т им. Серго Орджоникидзе. — Москва : [б. и.], 1972. — 230 с.

## Разработка модели прогрессирующего разрушения композиционного материала

Курышев И.М.

Научный руководитель — к.т.н. Сапронов Д.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана Москва

В настоящее время в различных областях промышленности, и в частности, в авиации и космонавтике, остро встаёт вопрос использования композиционных материалов, превосходящих металлы и их сплавы по некоторым свойствам. Необходимость их применения обусловлена повышенными требованиями к прочностным и весовым характеристикам элементов летательных аппаратов, подверженных высоким тепловым и механическим нагрузкам. Во время оценки прочности и циклической долговечности элементов летательных аппаратов важной задачей является описание процесса изменения напряжённо-деформированного состояния при разрушении композиционного материала.

В данной работе в среде Ansys APDL с использованием языка программирования Fortran реализована математическая модель нелинейного поведения композиционного материала после достижения разрушающих нагрузок. Для упругих характеристик композиционного материала введены понижающие коэффициенты, при этом возможно использование двух критериев разрушения: предельных деформаций и Хашина. После начала разрушения вводится функция разрушения, изменяющаяся в диапазоне значений от 0 (начало разрушения) до 1 (полное разрушение). Упругие свойства материала деградируют постепенно, а не мгновенно, что повышает точность расчёта, по сравнению с упрощёнными моделями, в которых при достижении критерия разрушения упругие свойства мгновенно обнуляются.

Предложенная модель учитывает параллельное разрушение компонентов композита, а также снижение упругих характеристик наполнителя при разрушении матрицы. Предусмотрена возможность графического вывода результатов расчёта (в том числе, изменения характеристик материала при нагрузке) в Post Processor. Предполагается, что на каждой итерации происходит малое приращение нагрузки. После каждого приращения нагрузки, с использованием понижающей функции разрушения, происходит пересчёт упругих свойств композиционного материала. Программный код легко редактировать без применения специальных средств разработки, и его можно интегрировать в среду Ansys с использованием модуля USERMAT.

Валидация запрограммированной модели разрушения композиционного материала проводилась на основе сравнения результатов расчёта с результатами испытаний кераматричных плоских образцов на растяжение, изготовленных из материала C-SiC в соответствии с ГОСТ 25.601-80, а также некоторых образцов из углепластика. Сделан вывод о допустимости применения предложенной математической модели.

Список используемых источников:

1. Guo Q. et al. Constitutive models for the structural analysis of composite materials for the finite element analysis: A review of recent practices // Composite Structures. — 2021. — Vol. 260. — С. 113267.—ISSN 0263-8223
2. Barbero E. J., Barbero J. C. Determination of material properties for progressive damage analysis of carbon/epoxy laminates // Mechanics of advanced materials and structures. — 2019. — Т. 26. — №. 11. — С. 938-947.—DOI: 10.1080/15376494.2018.1430281
3. Астафьев В. И., Радаев Ю. Н., Степанова Л. В. Нелинейная механика разрушения.- Самара: Издательство «Самарский университет». — 2004.

## **Исследование вопроса точности расчёта газодинамических полей при применении полиэдрических сеток**

Нечипорук С.Ю.

Научный руководитель — Захаров В.С.  
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

В последнее время все больший интерес проявляется к полиэдрическим сеткам при численном моделировании течений. Как утверждается в [1], такие сетки обладают рядом преимуществ, такими как: существование параллельных алгоритмов для быстрой и качественной генерации сетки, имеют множество соседних элементов, что влияет на более точное вычисление градиентов и отсутствие возникновения численных неустойчивостей в процессе счета. Также, стоит отметить, что полиэдрический тип элементов сетки по сравнению с тетраэдрами имеет меньшую вытянутость и лучшее качество вблизи призматического пограничного слоя.

В данной работе произведено исследование точности расчёта газодинамических полей в области близкой к пограничному слою, при расчёте на неструктурированных полиэдрических сетках. По результатам моделирования на грубой сетке, значения полного давления в группе ячеек оказываются существенно выше (на 10%) величины полного давления набегающего потока. Произведена оценка сеточной сходимости и влияние размера ячеек на результаты трёхмерного численного моделирования. Было установлено, что лишь при значительном сгущении сетки точность вычисления полного давления в обозначенной области повышается. Также, было проведено исследование влияния порядка используемой численной схемы на результаты расчёта. Исследуемый эффект отсутствовал при проведении вычислений первым порядком, и возникал при переключении на второй. Была произведена оценка влияния на результаты моделирования выбранной модели турбулентности: Inviscid, Laminar, Spalart-Allmaras, Transition SST. В результате, численная погрешность отсутствовала лишь при расчете в вязкой постановке. При расчётах на неструктурированной гексагональной сетке, параметры полного давления вычислялись корректно во всей области.

Список используемых источников:

1. Georgios Balafas, Polyhedral Mesh Generation for CFD-Analysis of Complex Structures // Master's thesis for the Master of Science program Computational Mechanics, 2014. P. 1-10.

## **Влияние системы перепуска воздуха в камере сгорания ГТУ на эмиссию монооксида углерода**

Старостин Д.А., Шакин Н.А.

Научный руководитель — Миронов Н.С.  
ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

В настоящее время обеспечение высокого уровня экологической безопасности является одним из важнейших требований мирового рынка применительно к изделиям, в основе которых заложен процесс сгорания углеводородных топлив. Эмиссионные показатели газотурбинных установок (ГТУ) напрямую определяются качеством организации рабочего процесса в камере сгорания. Постепенное ужесточение требований к выбросам вредных веществ подталкивает производителей к изобретению альтернативных подходов к сжиганию топлива в камере сгорания (КС), часто сопряжённых с внедрением новых конструктивных решений.

Совокупность результатов проведенных к настоящему моменту расчётных и экспериментальных работ отечественных и зарубежных авторов в части определения величины вредных выбросов КС позволяет заключить, что решающую роль в снижении эмиссии играет как пространственное распределение коэффициента избытка воздуха, так и его среднемассовое значение в зоне горения. Для ГТУ в общем случае соотношение коэффициента избытка воздуха всей КС и зоны горения не является постоянной величиной в диапазонах дроссельной и климатической характеристик. В условиях многорежимности для

поддержания концентрации топлива в зоне горения на некотором оптимальном с точки зрения эмиссии уровне необходимо регулировать расход воздуха, участвующий в процессе сгорания. Одним из конструктивных решений, потребных для реализации данной задачи, является система перепуска, позволяющая перебрасывать избыточную для процесса горения долю воздуха: в выходное сечение КС или во входное сечение ГТУ.

В данной работе была создана 3D-модель двухгорелочного отсека камеры сгорания газотурбинной установки и построена её сеточная модель. Проведена серия CFD-расчетов в рамках исследования влияния системы перепуска воздуха и системы многоконтурного подвода топлива на долю выбросов вредных веществ в малозмиссионной КС. Расчёты проведены в сопряжённой с теплообменом RANS-постановке с использованием кинетического скелетного механизма Wang 2018 и модели горения Flamelet Generated Manifold с опцией Physical Space (Non-Adiabatic Flamelets), модель турбулентности — Reynolds Stress.

В результате проведённых расчётов удалось расчётно спрогнозировать полезный эффект от применения системы перепуска и дифференцированной настройки подвода топлива в зону горения. Предложен закон регулирования перепуска воздуха, позволяющий поддерживать оптимальный с точки зрения выбросов коэффициент избытка воздуха в зоне горения. Разработаны ограничения, связанные с недопустимым увеличением потерь полного давления в КС и отклонением неравномерности выходного поля температур от требуемого.

### **Моделирование свойств деформируемых твердых тел на основе октаэдрической модели**

Фадеев Д.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Черепанов В.В.

МАИ, Москва

Математическое моделирование для изучения механического поведения материалов с учетом их реальных свойств сохраняет традиционную актуальность, поскольку решение этой проблемы приводит к количественным зависимостям макроскопических характеристик деформирования, прочности и других параметров от внешнего воздействия на конструкцию [2,3]. Знание этих зависимостей позволяет ответить на вопрос о работоспособности конструкций под действием заданных нагрузок, а также оптимизировать процесс их проектирования.

Однако, пока еще современный уровень развития механики деформируемых сред не позволяет установить в твердых телах единой зависимости между действующими напряжениями и возникающими деформациями. Эта проблема до настоящего времени не нашла своего окончательного решения. Поэтому разработка общих методов расчета напряженно-деформируемого состояния конструкций с различными физико-механическими свойствами при малых и больших деформациях, с учетом статических и динамических нагрузок, является весьма важной и востребованной практикой задач.

На наш взгляд перспективным путем представляется построение моделей, в основу которых положено то общее, что присуще всем рассматриваемым системам, — их корпускулярное строение. При таком подходе наибольшего внимания заслуживает октаэдрическая модель [1], учитывающая пространственное взаимодействие минимального числа частиц. Именно этот путь, и был использован нами для моделирования напряженного состояния твердых тел в условиях их нагружения.

Цель работы состоит в развитии октаэдрической модели базирующейся на представлении потенциала пространственного взаимодействия частиц сплошной среды для аналитического и компьютерного моделирования механических процессов в твердых телах.

Октаэдрическая модель представляет собой пространственный восьмигранник (октаэдр). В вершинах октаэдра расположено 6 частиц (№1-6), соединенных между собой стержнями, играющими роль силы взаимодействия между частицами направленными по прямым, соединяющим их центры (гипотеза центральных сил)

В ненагруженном состоянии октаэдрическая модель представляет собой предварительно напряженную конструкцию, у которой три диагонали растянуты, а двенадцать ребер сжаты, и система находится в статическом равновесии. Растяжение или сжатие октаэдрической модели по каждому направлению задается силами приложенным к вершинам октаэдра и действующим вдоль его диагоналей.

Для определения внутренних усилий в стержнях октаэдрической модели использован потенциал Ми [2]. Для подбора параметров потенциала был использован метод максимального правдоподобия.

Суть метода состоит в извлечении информации о межмолекулярных силах из эксперимента, путем расчета измеряемой характеристики с модельным потенциалом, с последующей подгонкой параметров так, чтобы достигалось наилучшее согласие между измеренными и рассчитанными значениями.

Для проведения вычислительного эксперимента была написана программа ОКТАЭДР в среде визуального программирования Delphi, позволяющая численно моделировать напряженно-деформированные состояния в октаэдрической модели.

Проведенное математическое моделирование по одноосному, двухосному и трехосному растяжению-сжатию октаэдрической модели показало, что ее поведение при этих видах нагружения соответствует действительному.

На предлагаемой модели был произведен численный эксперимент. В качестве моделируемого материала при одноосном растяжении был выбран литейный магниевый сплав МЛ5 [4]. Подгонка данных велась с учетом связи между модельными параметрами потенциала Ми и физическими параметрами образца из сплава МЛ5, определяющими его прочностные свойства. Полученная в результате численного эксперимента модельная кривая при найденных значениях параметров потенциала имела хорошее согласие с соответствующей экспериментальной диаграммой сжатия для стали МЛ5. Численные расчеты по математической модели как качественно, так и количественно соответствуют экспериментальным данным.

Таким образом, в работе доказана возможность создания математической модели деформирования реальных материалов на основе октаэдрической модели. Модель дает возможность для проведения компьютерного эксперимента по деформированию твердых тел при разных способах нагружения, а также представляет теоретический и практический интерес для механики деформируемого твердого тела, например при расчете напряженно-деформированного состояния реальных конструкций под действием произвольных нагрузок, а также для визуализации процесса деформирования.

Список используемых источников:

1. Лотов В.Н. Физико-механическое моделирование предельных напряженно-деформированных состояний в процессах торфяного производства : специальность 05.15.05 «Технология и комплексная механизация торфяного производства» : дисс. ... д.т.н. / В.Н. Лотов. — Тверь : Тверской государственный технический университет, 1998. — 414 с. — Текст : непосредственный.
2. Кривцов А.М. Деформирование и разрушение твердых тел с микроструктурой. / А.М. Кривцов. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 304с. — Текст: непосредственный.
3. Пшенокова И.А. Математическое моделирование и визуализация процесса деформирования твердых тел методом динамических частиц : Специальность 05.13.18 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

## Сравнение оптической активности воды из нескольких источников на стационарной экспериментальной установке

Федоров А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Анисимов В.М.  
МАИ, Москва

Вашему вниманию предлагаются результаты серии экспериментов по исследованию оптической активности воды из разных источников на стационарной оптической установке.

Стационарная установка

Установка создана в лаборатории активного теплообмена кафедры физики МАИ по инициативе В.М. Анисимова и В.Б. Дроботова. При создании был использован опыт работы учебно-научной лаборатории оптики кафедры физики МАИ. Стационарная установка работает по схеме источник света-поляризатор-кювета с раствором-анализатор. Различные примеси воды, помещенной в кювету, будут иметь различный эффект на поляризованный свет, пропускаемый через нее. Проведя сравнительный анализ интенсивности света за анализатором при различных углах его поворота возможно сделать выводы о примесном составе воды из разных источников.

Установка состоит из:

- Источника света
- Поляризатора
- Анализатора
- Трубки для размещения кюветы с жидкостью
- Кюветы для жидкостей
- Вакуумного фотоэлемента

Опыты с водой

Для серии экспериментов в 2022 г. была собрана вода из различных источников: скважина (г. Королёв, МО), скважина (Истра, Сокол, МО), дождевая (из бочки, стоячая, Истра), дождевая (из бочки 2, ночь), водопровод (холодная, 9-й этаж, Королёв), водопроводная (10-й этаж, Москва, Волоколамское шоссе), Архыз (Кабардино-Балкария), скважина (Синегорье, Владимирская обл.).

Результаты представлены в виде графиков зависимости силы фототока вакуумного фотоэлемента  $I$  (мкА) от угла поворота лимба анализатора  $\Delta\varphi$ . Функцией, отрезающей зависимость является квадрат косинуса. Обращает на себя внимание серьёзное отличие ( $dI/d\varphi$ ) для воды из разных источников (отличие химических «добавок» в воде из разных источников и практически полное совпадение результатов для воды из крана города Москвы и Королёва).

Был проведен сравнительный анализ воды из различных источников путем поиска угла разности между минимумом функции и ее пересечением с характерным уровнем силы фототока в 2 мкА. Результаты представлены в виде диаграммы.

Также были проведены дополнительные эксперименты со святой водой с целью определить ее оптическую активность. Образцы были взяты из церкви «Всех святых» в районе Сокол города Москвы. Было выявлено, что вода не обладает какой-либо оптической активностью. Измерения проводились из научного любопытства.

Обработка данных

Все эксперименты проводились с сопровождением компьютерного «дублера». Результаты опытов параллельно вводились в компьютер. Таким образом была получена возможность строить графики и проводить вычисления практически сразу после замера данных, что позволило быстро анализировать результаты и координировать дальнейшие действия.

Вычисления и верстка графиков проводилась в системе компьютерной алгебры SageMath на языке Python в заранее подготовленных для опытов ноутбуках. Данный математический пакет способен работать с символьными выражениями, что устраняет потерю точности в промежуточных вычислениях, так как ответ рассчитывается аналитически и вычисляется численно только на последнем этапе.

Графики были построены с помощью функций квадрата косинуса (закон Малюса) и построены вдоль результатов опытов методом наименьших квадратов.

Для репрезентативной визуализации и более общего понимания результатов опытов были построены анимированные трехмерные графики в специализированном ПО Blender. Данный пакет предоставляет обширный набор инструментов для трехмерного моделирования, анимирования и обработки графики.

Анимация плавного появления создана при помощи специально подготовленных материалов, чью прозрачность можно анимировать. Была использована техника ключевых кадров (Keyframes). Зафиксировав параметры объекта на ключевых кадрах, можно автоматически интерполировать их изменение в промежуточных состояниях различными вариантами.

Для выстраивания простых зависимостей между объектами применялся особый инструмент Blender под названием Driver. Таким образом удалось реализовать автоматическую генерацию значений на осях, что позволило не задавать их явно.

Также, для анимирования геометрии точек был применен инструмент Geometry Nodes. С помощью него было реализована процедурная генерация точек по данным экспериментов.

#### Выводы

Компьютерная обработка данных значительно улучшила процесс анализа результатов опытов. Возможность автоматизировано строить графики по измерениям исключила этап черчения графиков вручную. Символьные вычисления ускорили аналитическое вычисление результатов. Трехмерная визуализация данных эксперимента позволила представить результаты в более репрезентативной форме.

Сравнительный анализ показал, не только схожесть водопроводной воды из города Москва и города Королёв, но и относительное разнообразие поведения воды, взятой из разных источников, на установке. Данный факт является признаком того, что анализ данных, полученных с установки, может быть эффективен при правильной интерпретации результатов, что делает данную установку полезной при выявлении примесного состава воды.

Список используемых источников:

1. Рашиков В.И., Рошаль А.С. Численные методы решения физических задач // Издательство «Лань», 2005.
2. Анисимов В.М. Физика конденсированного состояния // Издательский дом «Наука», 2019.
3. Чайлдз У. Физические постоянные // Физматгиз, 1961.
4. Волькинштейн М.В. Молекулы и их строение // Издательство АН СССР, 1955.

### **Решение задачи обтекания лобовой части спускаемого аппарата высокоскоростным потоком с использованием численного моделирования**

Хахулин П.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мякочин А.С.

МАИ, Москва

При разработке оптимальной тепловой защиты спускаемого аппарата требуется проводить детальный анализ аэротермодинамических характеристик течения вдоль траектории спуска. Возвращаемые аппараты входят в верхние слои атмосферы со скоростями близкими ко второй космической. Главной отличительными особенностями таких высокоскоростных течений является наличие термической и химической неравновесности, возникающих за головной ударной волной. Термохимическая неравновесность оказывает существенное влияние на распределение всех термодинамических параметров течения, в частности, на тепловые поток поступающие в конструкцию аппарата.

В настоящее время существует ряд программ способных точно моделировать течения с термической и химической неравновесностью, основанных на уравнениях Навье-Стокса.

Однако почти все эти программы не доступны широкому кругу пользователей. В связи с чем использовался программный пакет ANSYS Fluent, ввиду своей доступности и гибкости в решении задач гидрогазодинамики.

В настоящей работе рассматривается течение в области лобовой части возвращаемого аппарата OREX. Геометрически аппарат представляет собой конус с углом 50 градусов, притупленный сферой радиусом 1.35 метра, радиус по основанию конуса равен 3.4 метра. В [1] приводятся экспериментальные данные на траектории аппарата от 120 до 40 километров, из которых были выбраны три тракторные точки для моделирования течения, а именно, 92.82, 84.01 и 59.6 километра.

Для использования метода конечных объемов для решения поставленной CFD задачи расчетная область разбивалась на расчетную сетку, построение неструктурированной сетки производилось во встроенном программном модуле ANSYS ICEM CFD. Стоит отметить, что решение в настоящей работе проверялось на сеточную независимость и в качестве наиболее дешевой, с точки зрения вычислительного времени, была выбрана сетка с разрешением 150x150 узлов с минимальным размером пристеночной ячейки 10e-4. Данная расчетная сетка дала наиболее точное решение с сохранением скорости расчета.

Первичная настройка численной модели в ANSYS Fluent заключается в выборе решателя. Для моделирования высокоскоростных сжимаемых течений в данной среде присутствует специальный связанный решатель по плотности density-based solver. Геометрия и расчетная область строилась из предположения осесимметричности задачи, то есть рассматривается одно меридиональное сечение, предполагая, что течение в остальных меридиональных сечениях идентично. Данный solver представляет систему из трех уравнений Навье–Стокса в двумерной постановке и одного релаксационного уравнения для поступательно-вращательной энергии в переменных плотности, а давление выражается из уравнения состояния идеального газа.

Моделирование термической неравновесности высокоэнтальпийного течения включает в себя учет колебательной температуры атомарных компонентов воздушной смеси. В связи с чем на этапе выбора решения уравнения сохранения энергии, включается учет двухтемпературной модели. При использовании данной модели считается, что поступательная и вращательная мода находятся в равновесии, а неравновесные колебательная мода имеют отличную температуру.

Данная модель дополняет исходную систему уравнения Навье–Стокса уравнением сохранения колебательно-электронной энергии, которое решается отдельно от связанной системы. В данной модели зависимость колебательной энергии двухатомных компонентов смеси от колебательной температуры записывается в приближении гармонического осциллятора. VT-релаксация описывается законом Ландау–Теллера.

Моделирование переноса химических компонентов осуществлялось по пятикомпонентной модели Парка с пятью неравновесными реакциями. Данная модель включает в себя три реакции диссоциации с учетом третьих тел и две обменные реакции. В данной работе пренебрегается реакциями ионизации и образования электронов. Константы скоростей прямых и обратных реакций рассчитываются по двухтемпературной модели Парка, где параметры для констант прямых реакций брались по [2]. Константы скоростей обратных реакций вычислялись с помощью константы равновесия. Данная модель дополняет систему N-1 уравнением переноса компонентов, а также источниками членами в уравнения сохранения энергии.

Как упоминалось ранее, в качестве граничных параметров расчета выбирались данные по трем высотам, взятым с траектории аппарата OREX. Каждая высота удовлетворяет гипотезе сплошности и для крайней высоты число Кнудсена соответствует 0.0086. Для высоты 59.6 километров учитывалось влияние турбулентности по модели k- $\omega$  SST, включающую два дополнительных уравнения, которые также решаются отдельно от связанного набора. Для остальных высот течение принималось ламинарным ввиду низкого локального числа Рейнольдса.

Полученные в настоящей работе результаты хорошо коррелируют с экспериментальными. Также представлено сравнения полученных данных с методом корреляции Фей-Ридделла [3].

Список используемых источников:

1. Gupta R. N., Moss J. N., Price J. M. Assessment of Thermochemical Nonequilibrium and Slip Effects for Orbital Re-Entry Experiment / Gupta R. N., Moss J. N., Price J. M. // Journal of Thermophysics and Heat Transfer. — 1997. — 11(4). — P. 562–569.
2. Park C. Assessment of two-temperature kinetic model for ionizing air / Park C. // Journal of Thermophysics and Heat Transfer. — 1989. — 3(3). — P. 233–244.
3. Fay J. A. Theory of Stagnation Point Heat Transfer in Dissociated Air / Fay J. A. // Journal of the Aerospace Sciences. — 1958. — 25(2). — P. 73–85.

## **Исследование электротехнических характеристик цепи, содержащей источник тока, сеточный ключевой элемент и нагрузку**

Черникова П.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Онуфриев В.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Из-за того, что система инвертирования тока должна располагаться рядом с ТРП, к ней предъявляются следующие требования: стойкость к радиации, высокая рабочая температура, малое внутреннее падение напряжения, высокий КПД, большой ресурс работы. Инвертор на основе СКЭ удовлетворяет заданным требованиям.

Преобразование тока в цепи ТРП — электроракетная двигательная установка (ЭРДУ) строится по схеме:

1. Инвертирование тока ТРП с помощью СКЭ (постоянный ток — переменный ток);
2. Повышение амплитуды напряжения (высокотемпературный трансформатор) с 120...150 В до 1000...5000 В;
3. Выпрямление тока для питания ЭРД с помощью высоковольтного плазменного термоэмиссионного диода (ВПТД) (переменный ток в постоянный).

Для того, чтобы обеспечить устойчивость работы цепи «ТРП — СКЭ — нагрузка», необходимо правильно выбрать режим работы СКЭ. В данной работе с помощью использования эквивалентной электрической цепи [1] определены емкости и индуктивности СКЭ, при которых обеспечивается устойчивое состояние. Эквивалентная цепь описывается с помощью уравнения Дуффинга [2]. Для его решения используется программный комплекс «MATLAB SIMULINK». В данной программе была составлена блок-схема, состоящая из сумматоров, умножителей, дифференцирующих и интегрирующих звеньев. Она позволяла получать решение в виде отклика на задаваемое воздействие. В работе были построены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), фазо-частотные характеристики (ФЧХ), зависимости напряжения на нагрузке при различных величинах емкостей и индуктивностей, определены частоты, на которых возможен резонанс в системе. Были рассмотрены режимы работы ЭДУ при различных формах напряжения, вырабатываемого источником: единичном воздействии — импульсе, меандре, синусоидальном воздействии.

В результате проведенных исследований режимов работы нелинейной электрической цепи с СКЭ получено, что возможна реализация неустойчивых состояний в диапазоне частот переключения СКЭ. Это может привести к возникновению неконтролируемых обратных пробоев в СКЭ, потере управляемости в моментах переключения СКЭ и, следовательно, к нарушению работы всей системы. Поэтому необходимо очень тщательно исследовать и выбирать параметры СКЭ.

Список используемых источников:

1. Мендельбаум М.А., Сняевский В.В. Электромагнитные взаимодействия в термоэмиссионном электрогенерирующем элементе при изменении электрической нагрузки // Известия РАН. Энергетика. 2009. № 2. С. 124–131.

2. Хаяси Т. Нелинейные колебания в физических системах: пер. с англ. М.: Мир, 1968. 429 с.

3. Онуфриева Е. В., Онуфриев В. В., Синявский В. В., Ивашкин А. Б. Исследование совместной работы цепи термоэмиссионный реактор — плазменный преобразователь тока — нагрузка космической энергодвигательной установки // Наука и образования. 2013. №ФС77. С. 209–226.

## **Расчет аэродинамических коэффициентов БПЛА сельскохозяйственного назначения с помощью открытой интегрируемой платформы OpenFOAM**

Чернышов Д.В.

Научный руководитель — доцент, Стрижак С.В.

МАИ, Ростов-на-Дону

Одна из актуальных задач авиационной промышленности есть упрощение процесса создания аэродинамической модели и технологически обоснованной конструкции ЛА и БПЛА. В следствие чего широко применяются методы математического моделирования, позволяющие значительно экономить затраты на разработку на всех этапа создания ЛА/БПЛА. В частности, такие программы как ANSYS, RealFlow и OpenFOAM позволяют проводить высококачественные расчеты механики сплошных сред, тем самым экономив средства на этапе эскизного проектирования.

В данной работе рассматриваются различные расчетные случаи равномерного полета БПЛА «Пустельга». Данный БПЛА в данный момент разрабатывается в ОСКБЭС МАИ. Данный БПЛА планируется использоваться в сельскохозяйственных целях, но заказу может модифицироваться. В качестве полезной нагрузки подразумевается съемочная камера.

Расчет влияния окружающей среды на БПЛА происходит в диапазоне скоростей 120-220 км/ч. Для расчета применялись САД-модели, решатели и вспомогательные утилиты пакет OpenFOAM, такие как:

- Решатель rhoSimpleFoam — стационарный решатель для сжимаемого турбулентного потока, использующий алгоритм SIMPLE(Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations);

- Вспомогательные утилиты для построения расчетной сетки blockMesh;

- Вспомогательная утилита для построения расчетной сетки snappyHexMesh и т.д.

Расчетные случаи подготавливались на ПК, сами расчеты проводились с использование вычислительного кластера предоставляемого МАИ.

Результаты расчеты были визуализированы в программе Paraview где также дополнительно рассчитывались аэродинамические коэффициенты  $C_x$  и  $C_y$ .

Предварительно решатель rhoSimpleFoam был верифицирован на расчетных случаях крыла Onera M6 (данный случай описан в официальной документации), планера Blanik L-13 и после применен на для расчета БПЛА.

## **Секция №7.3 Теоретическая механика и дифференциальные уравнения**

---

### **Исследование устойчивости плоских вращений динамически-симметричного спутника на круговой орбите в нелинейном приближении**

Базыльникова Е.Р.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В текущей работе поставлена задача исследования орбитальной устойчивости плоских вращений спутника на круговой орбите относительно его центра масс. Пусть рассматриваемый спутник — динамически симметричное твердое тело, и его центр масс движется по круговой орбите. Положение спутника относительно орбитальной системы определяется углами Эйлера прецессии  $\psi$ , нутации  $\theta$  и собственного вращения  $\varphi$ . В работе [1] получен Гамильтониан описанной системы, и в ней же показано, что угол  $\varphi$  является циклической координатой. Этот фактор позволяет привести систему к эквивалентному упрощенному виду с двумя степенями свободы вместо трех. Исследуемые плоские вращения реализуются при условии, когда угол нутации  $\theta$  равен  $0.5\pi$ , а соответствующий ему импульс равен 0, тогда изменения переменных  $\psi$  и  $p_\psi$  будут описываться каноническими уравнениями Гамильтона, приведенными в статье [1]. В работах [1, 3] проведено строгое исследование устойчивости плоских вращений для всех значений параметров задачи за исключением некоторых кривых вырождения, на которых для исследования устойчивости необходимо разложение гамильтониана системы до членов шестой степени включительно. Подобное разложение в переменных, введенных в [1, 3] было получить довольно затруднительно. В данной работе для разложения Гамильтониана в ряд используется метод, описанный в [4], позволяющий получить более простой вид коэффициентов разложения до любой требуемой степени, что позволило завершить исследование, начатое в [1, 3] и с помощью алгоритма построения симплектического отображения, приведенного в работе [2], получить строгие выводы и построить диаграммы орбитальной устойчивости исследуемых периодических движений.

Список используемых источников:

1. Markeev, A. P. and Bardin, B. S., On the Stability of Planar Oscillations and Rotations of a Satellite in a Circular Orbit // *Celest. Mech. Dynam. Astronom.*, 2003, vol. 85, no. 1, pp. 51–66.
2. Маркеев А.П. Об одном способе исследования устойчивости положений равновесия гамильтоновых систем // *Изв. РАН. МТТ*. 2004 № 6. С. 3-12
3. B. S. Bardin, “On orbital stability of planar motions of symmetric satellites in cases of first and second order resonances,” in *Proceedings of the 6th Conference on Celestial Mechanics*, Monogr. Real Acad. Ci. Exact. Fis.-Quím. Nat. Zaragoza, 25(2004), p.59-70
4. Bardin B.S. On a Method of Introducing Local Coordinates in the Problem of the Orbital Stability of Planar Periodic Motions of a Rigid Body // *Russian Journal of Nonlinear Dynamics*, 2020, 16(4), 581–594

### **Моделирование распространения поперечной волны, лежащей на вязко-упругом основании**

Бутыгин Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Ерофеев В.И.

Институт проблем машиностроения РАН, Нижний Новгород,

Многие задачи, связанные с конструированием высокоскоростного транспорта, а также проблемы разработки технологий нанесения упрочняющих, антифрикционных и теплозащитных покрытий на поверхности ответственных элементов машин и конструкций с последующей диагностикой качества нанесенных покрытий, сводятся к необходимости

изучения особенностей распространения волн деформации в удлиненных тонких объектах (струна, балка, пластина), лежащих на упругом или вязко-упругом основании.

В данной работе в качестве объекта исследования выбрана струна, лежащая на вязко-упругом основании, состоящем из равномерно распределенных пружин и демпферов, соединенных параллельно. Для бесконечной струны, при отсутствии внешней силы решение полученного уравнения отыскивается в виде бегущей гармонической волны,

что позволяет получить дисперсионное уравнение, связывающее частоту с волновым числом алгебраическим уравнением с комплексными коэффициентами. Считая частоту комплексной величиной, находим решение дисперсионного уравнения, т.е. закон дисперсии. Знание закона дисперсии позволяет вычислить фазовую и групповую скорости поперечной волны, представляющей собой бегущее возмущение, затухающее со временем по гармоническому закону. Определены и проанализированы частотные зависимости фазовой и групповой скоростей, а также частотная зависимость затухания волны, выявлены области нормальной и аномальной дисперсии.

Для струны конечной длины, жестко закрепленной на концах с помощью рядов Фурье найдено точное решение в случае действия ударной гармонической силы.

## **Структура математических моделей для расчета динамики мягкой посадки космического аппарата на участке контакта с посадочной поверхностью**

Бычков Р.С.

ПАО РКК «Энергия», Королёв

При возвращении космического аппарата (КА) на Землю или при подлете к другим планетам он имеет космические скорости, которые на участке атмосферного спуска гасятся различными аэродинамическими тормозными устройствами. Для планет без атмосферы гашение скорости осуществляется тормозными двигателями [1, 2]. Однако в связи с погрешностями системы управления в момент касания посадочной поверхности возвращаемый КА обладает весьма существенной остаточной кинетической энергией, поскольку масса КА может достигать нескольких тонн, а непогашенная скорость — нескольких метров в секунду. Для гашения остаточной кинетической энергии аппарат снабжается посадочными устройствами, в составе которых имеются элементы, рассеивающие энергию. Кроме этого процесс посадки КА обладает и рядом других особенностей, таких как разброс кинематических условий в момент первого контакта, широкий спектр механических характеристик грунта посадочной поверхности, а также ударный характер процесса. В связи с этим к процессу мягкой посадки предъявляется ряд требований — не превышение перегрузкой некоторых предельно допустимых значений, устойчивость процесса, обеспечение минимального допустимого клиренса и т. д. Поскольку в наземных условиях невозможно полностью воспроизвести реальные условия посадки, то основным способом обоснования принятых технических решений, является математическое моделирование. В данной работе рассмотрены математические модели для расчета динамики процесса мягкой посадки КА на этапе контакта с посадочной поверхностью.

На предварительных стадиях разработки возвращаемого КА, в условиях целого ряда неопределенностей, полезными оказываются общие интегральные зависимости динамики процесса посадки, позволяющие дать предварительную оценку параметров посадочного устройства или посадочных двигателей. Все оценки получены на основании аналитического решения уравнений движения КА при некоторых упрощающих предположениях, отвечающих физическому смыслу рассматриваемого процесса посадки. Для механического посадочного устройства с демпфирующими элементами определяется скорость аппарата в произвольный момент времени посадки при заданном значении начальной вертикальной скорости. Также может быть определен минимально необходимый ход обжатия демпферов, который является важной характеристикой, определяющей компоновку и кинематическую схему опор посадочного устройства. Если гашение остаточной кинетической энергии осуществляется за счет тормозных двигателей, то для них может быть получено значение

потребного суммарного импульса, а также минимальная высота аппарата на момент начала работы двигателей.

Существуют и другие подходы к моделированию процесса мягкой посадки, применимые к наиболее часто используемым посадочным устройствам — механическим устройствам пружинно-рычажного типа. Устройства рычажного типа имеют в своем составе посадочные опоры с демпфирующими элементами. Опоры оканчиваются тарелками, которые контактируют с грунтом посадочной поверхности.

В одном из таких подходов корпус КА и тарель посадочного устройства рассматриваются как тела имеющие массу, а масса остальных элементов при этом не учитывается, часть их массы «присоединяется» к тарели. Основанием для такого подхода является то, что масса остальных элементов посадочной опоры значительно меньше массы корпуса КА и тарели. Однако неучет их массы автоматически означает внесение методической погрешности в динамическую модель. Кроме того, существенной проблемой становится выбор «присоединенной» массы тарели. Критерием приведения может быть только сравнение с экспериментом, который всегда носит совершенно конкретный характер (масштаб модели, тип грунта, угол наклона поверхности и т.д.). В силу этого критерий выбора «присоединенной» массы будет корректен лишь в каком-либо диапазоне расчетных условий и, в любом случае, никогда не будет универсальным.

Другой, корректный подход заключается в том, что КА и элементы его посадочного устройства представлены в виде структурно сложной механической системы, отдельные тела которой соединены связями, отражающими конкретные конструктивные особенности посадочного устройства [3]. Для определения реакций этих связей записываются специальные соотношения, вид и структура которых определяется конкретным характером связей, т.е. конструктивными особенностями посадочного устройства. Часто определения реакций связей является одной из основных, если не главной, целью расчета. Данный подход дает возможность гибко формировать расчетную схему любой пространственной конфигурации, легко поддается формализации и алгоритмизации, что делает его универсальным.

Список используемых источников:

1. Базилевский А.Т., Григорьев Е.И., Ермаков С.Н. и др. Проектирование спускаемых автоматических космических аппаратов. — М. Машиностроение, 1985, 264 с.
2. Баженов В.И., Осин М.С. Посадка космических аппаратов на планеты М.: Машиностроение, 1978, 159 с.
3. Бакулин В.Н., Борзых С.В., Воронин В.В. Математическое моделирование процесса посадки космического аппарата на участке его контакта с поверхностью.// Вестник Московского авиационного института. 2011. Т. №4. С. 38-46. 3

## **К динамике двойного маятника с вибрирующей точкой подвеса**

Грибцова А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Холостова О.В.

МАИ, Москва

В данной работе исследуется динамика двойного маятника с точкой подвеса, совершающей высокочастотные гармонические вибрации малой амплитуды вдоль прямой, составляющей произвольный угол к горизонту. Система состоит из двух одинаковых однородных стержней, шарнирно соединенных друг с другом.

Цель исследования — решить вопрос о существовании и устойчивости положений равновесия приближенной (модельной) системы, соответствующих положениям относительного равновесия стержней двойного маятника; построение высокочастотных периодических движений маятника в полной неавтономной системе; проведение нелинейного анализа устойчивости положений относительного равновесия при произвольном угле наклона оси вибрации. Аналогичные задачи ранее рассматривались в [1,2] для случая вертикальных и горизонтальных колебаний точки подвеса.

На первом этапе методом Депри-Хори гамильтониан системы был преобразован к виду, главная (модельная) часть которого автономна. Соответствующая модельная система является консервативной, ее потенциальная энергия представляет собой сумму потенциальной энергии силы тяжести и вибрационного потенциала. Выписана система тригонометрических уравнений, решение которой позволило найти равновесные значения углов отклонения стержней маятника от вертикали, являющихся стационарными точками потенциальной энергии. Устойчивость положений равновесия определялась из условия минимума этой функции.

С помощью программы на языке программирования Python в плоскости угловых переменных найдено геометрическое место равновесных точек при различных значениях безразмерной частоты вибрации, меняющейся в пределах от нуля до бесконечности; построена анимация эволюции кривых равновесий. Получена бифуркационная диаграмма в плоскости параметров — угла наклона оси вибрации и безразмерной частоты. В плоскости угловых переменных найдена совокупность всех возможных равновесных точек, имеющихся у системы для различных значений угла наклона оси вибрации и безразмерной частоты.

Обнаружено, что сценарий изменения числа положений равновесия системы в зависимости от частоты колебаний и характер их устойчивости качественно одинаковы, независимо от значения угла наклона оси вибраций, это видно на построенной бифуркационной диаграмме. Число положений равновесия при переходе от одной области бифуркационной диаграммы к другой меняется с шагом в две единицы от шестнадцати (четыре устойчивых, при которых стержни вытянуты вдоль оси наклона вибрации, и двенадцать неустойчивых — один стержень вытянут вдоль этой оси, другой перпендикулярен ей), что соответствует бесконечной размерной частоте вибрации, до четырех (одно устойчивое и три неустойчивые) в случае, когда размерная частота равна нулю.

На основании теории периодических движений Пуанкаре построены высокочастотные (частота равна частоте вибраций точки подвеса) периодические движения двойного маятника, порождаемые положениями равновесия модельной системы. Сделаны выводы об их устойчивости в линейном приближении.

Для периодических движений, которые устойчивы в линейном приближении, проведен полный нелинейный анализ устойчивости. С этой целью в окрестности этих движений проведена линейная и затем нелинейная нормализация в слагаемых до четвертой степени включительно относительно возмущений, преобразование для нормализации было получено методом Депри-Хори.

Для устойчивых положений равновесия выделены нерезонансные и резонансные случаи третьего и четвертого порядка. Выявлено отсутствие резонанса третьего порядка для случаев вертикального и горизонтального колебаний точки подвеса. В нерезонансном случае проверены условия формальной устойчивости и устойчивости для большинства (в смысле меры Лебега) начальных условий.

Список используемых источников:

1. Вишенкова Е.А., Холостова О.В. К динамике двойного маятника с горизонтально вибрирующей точкой подвеса // Вестн. Удмуртск. ун-та. Матем. Мех. Компьют. науки, 2012, № 2, с. 114–129
2. Холостова О.В. О движениях двойного маятника с вибрирующей точкой подвеса // Изв. РАН. МТТ. 2009. № 2. С. 25–40

## **Моделирование динамических процессов в деформируемом пористом материале, содержащем полости, заполненные жидкостью**

Ерофеева И.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.м.н. Игумнов Л.А.

Институт проблем машиностроения РАН, Нижний Новгород

Учет полостей, содержащих жидкость, уместен при составлении математических моделей, описывающих динамические (в частности, волновые) процессы в деформируемых пористых средах в геофизике, механике природных и искусственных композиционных материалов и является обобщением классических моделей, восходящих к работам М.А. Био, Я.И. Френкеля, Ф. Гассмана, Л.Я. Косачевского, В.Н. Николаевского [1-3].

Модель пористо-полостной среды, записанная в лагранжевых координатах, в которой считается, что поры имеют цилиндрическую форму, а полости являются шарообразными, приведена в книге [4]. Такая среда представляет собой континуум с внутренними степенями свободы, поскольку под действием упругой волны, полости будут колебаться, оказывая, в свою очередь, влияние на распространение волны.

В настоящей работе жидконасыщенная пористая среда с полостями рассматривается в линейно-упругом приближении. Изучается распространение плоских продольных волн. Отмечено, что основная особенность модели заключается в том, что она позволяет описать одновременное распространение трех диспергирующих продольных волн, одна из которых обусловлена исключительно наличием полостей в материале. Для сравнения напомним, что в классической пористой среде (среде М.А. Био) могут одновременно распространяться две продольные волны (быстрая и медленная), не обладающие дисперсией. Получение и анализа дисперсионного уравнения, фазовой и групповой скоростей существенно способствует исследованию волн. Рассматривается плотность спектра частот, позволяющая определить степень выраженности дисперсии. Найдены области сильной и слабой дисперсии, а также области нормальной и аномальной дисперсии. Определены параметры, при которых фазовая и групповая скорости будут иметь противоположные направления (эффект «обратной волны»).

Список используемых источников:

1. Poromechanics IV / Ling H I, Smyth A, Betti R (eds.). DEStech Publications. Inc., PA, USA, 2009 p 1151
2. Poromechanics V / Hellmich C, Pichler B, Adam D (eds.). ASCE, 2013 (CD)
3. Poromechanics VI / Vandamme M, Dangla P, Pereira J-M, Grabezloo S (eds.). ASCE, 2017 (CD)
4. Bagdoev A G, Erofejev V I and Shekoyan A V 2016 Wave Dynamics of Generalized Continua. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg p 274

## **Исследование схем межпланетного перелета космического аппарата с солнечным парусом методом компьютерного моделирования**

Зайцев М.Д.

Научный руководитель — Рамазанова Д.Р.

МАИ, Москва

На данный момент солнечный парус является одним из наиболее перспективных способов маневрирования космического аппарата (КА), так как в отличие от реактивных двигателей (жидкостных, твердотопливных или электрореактивных) он не требует какого-либо запаса топлива на борту. Это особенно актуально для межпланетных перелетов, которые требуют выведения на опорную орбиту КА с тяжелым разгонным блоком (РБ). Солнечный парус выполняет функции РБ, но имеет намного меньшую массу, что позволит использовать для выведения более легкую ракету-носитель.

Целью работы является анализ различных схем межпланетного перелета космического аппарата с солнечным парусом (КАСП), выделение наиболее эффективных с точки зрения

затрачиваемого времени схем перелета к различным планетам и выявление изменения программы полета при изменении параметров КАСП.

Для решения этих задач была написана программа на языке C++, рассчитывающая траекторию движения КАСП, решая задачу Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4 порядка. Схемы перелета сначала анализировались на примере одного аппарата массой 18 кг, площадью паруса 320 м<sup>2</sup> и коэффициентом отражения 0.7, затем выявлялось, как меняется наиболее эффективная программа полета с изменением параметров КАСП.

В результате исследования были найдены наиболее эффективные схемы для полета к каждой из планет. Кроме того, оказалось, что характеристики паруса практически не влияют на программу полета. То есть, например, если КАСП добирается до Венеры, повернув плоскость паруса к лучам на определенный угол, который является для него наиболее эффективным, то при увеличении паруса этот угол останется наиболее эффективным для достижения планеты. Можно сказать, что программы полета для каждой схемы практически универсальны и подойдут для любого КАСП, если ему требуется более 1 витка, чтобы добраться до цели.

Список используемых источников:

1. Е. Н. Поляхова «Космический полет с солнечным парусом» ; под ред. В. А. Егорова. — 2-е изд., доп. — Москва : URSS, 2010. — 302
2. С. А. Ишков, О. Л. Старина, Оптимизация и моделирование движения космического аппарата с солнечным парусом, Самара: Известия СНЦ РАН, 2005, т. 7. №1 — С. 99-106

### **Моделирование движения космического аппарата в околоземном пространстве с учетом возмущающих факторов**

Ильин Е.А., Фукин И.И., Вафин К.М.

Научный руководитель — Кузнецов А.А.

МФТИ, Долгопрудный

В настоящее время количество космических аппаратов (КА) в околоземном пространстве стремительно возрастает. Для функционирования группировок спутников, выполняющих задачи ДЗЗ, связи, навигации, геодезии и мониторинга околоземной обстановки необходимо точно и быстро рассчитывать положение КА в околоземном пространстве.

В настоящей работе был реализован программный комплекс, осуществляющий решение задачи определения орбиты по измерениям и прогнозирования положения КА.

Для расчета траектории КА была реализована полная модель возмущающих факторов и наиболее эффективные численные методы решения задач Коши обыкновенных дифференциальных уравнений. В качестве возмущающих факторов учитывались несферичность гравитационного потенциала Земли, сопротивление атмосферы, солнечное давление, притяжение остальных планет Солнечной системы, эффект альbedo, тепловое излучение планеты, а также релятивистские поправки. Для расчета сил аэродинамического сопротивления используются модели ГОСТ Р 25645.166-2004 и NRLMSISE00. Для расчета притяжения, вызванного объектами Солнечной системы использовалась модель точечного потенциала и эфемериды JPL. Несферичность геопотенциала учитывалась согласно установленным моделям в IERS Conventions 2010. Также во внимание принимались поправки связанные с приливами, вызванными влиянием Солнца и Луны на Землю. Для ускорения расчетов авторами было предложено использовать интерполяционные методы в задаче о вращении Земли, расчете силы притяжения и поправок в неё, зависящих от времени. Применения различных типов интерполяций позволили ускорить расчет траектории КА в несколько раз.

В работе были реализованы методы численного интегрирования, в частности, методы Эверхарта ультравысоких порядков. Для этого метода был предложен новый способ оценки

ошибки и выбора шага, что в свою очередь позволило сэкономить часть вычислительных ресурсов.

Для решения обратной задачи, то есть задачи восстановления орбиты, использовались сигма-точечный и расширенный фильтры Калмана. Помимо этого авторы реализовали систему параллельных вычислений, позволяющую значительно уменьшить время вычисления в этой задаче.

Список используемых источников:

1. Luzum B., Petit G. The IERS Conventions (2010): Reference systems and new models //Proceedings of the International Astronomical Union. — 2012. — Т. 10. — №. H16. — С. 227-228.
2. Авдюшев В. А. и др. Численное моделирование орбит. — 2010.
3. Vallado D. A. Fundamentals of astrodynamics and applications. — Springer Science & Business Media, 2001. — Т. 12.

## **Разработка библиотек для анализа процесса раскрытия солнечных батарей, импортируемых в проблемно-ориентированный пакет программ MSC Adams** Лагутин И.А., Бычков Р.С., Киселева Е.К.

ТУ им. А.А. Леонова, Королёв

Процесс трансформации крупногабаритных космических конструкций — один из наиболее ответственных этапов функционирования космических аппаратов. Особую значимость среди этого класса процессов имеет процесс раскрытия солнечных батарей, поскольку без обеспечения внешнего токоприема возможности подпитки систем аппарата внутренними источниками ограничены несколькими часами, после чего неизбежно наступает деградация систем аппарата и как итог его потеря. В связи с этим к надежности системы раскрытия и обоснованности выбора характеристик этой системы предъявляются высокие требования. Эти требования подтверждаются при обязательной отработке раскрытия на наземных стендах, однако оптимальный выбор характеристик системы раскрытия при проектировании основывается на математическом моделировании динамики раскрытия с учетом всех силовых факторов, действующих при раскрытии [1]. Такими являются модели системы фиксации компактно сложенной солнечной батареи в исходном транспортировочном положении, средств инициации процесса раскрытия, системы тросовой синхронизации движения панелей солнечной батареи в процессе раскрытия, средств торможения и фиксации в конечном рабочем положении и некоторых других факторов.

Для моделирования динамики раскрытия солнечной батареи целесообразно использовать возможность современных проблемно-ориентированных пакетов, таких, например, как MSC ADAMS [2]. Однако моделирование вышеперечисленных подсистем, реализующих процесс раскрытия, требует разработки специфических моделей и библиотек, импортируемых в MSC ADAMS.

В процессе создания данной расчетной динамической модели помимо геометрии твердотельного спутника, также используются и конечные-элементные модели солнечных батарей, импортируемые из программы MSC Patran.

Следующим этапом является создание библиотек на языке C [3], импортируемых в Adams.View, в одной из которых производится интегрирование и деактивация жестких закреплений для разблокировки толкателей, развёртывающих СБ, в другой — моделируется работа тросовой системы синхронизации раскрытия батарей. В них используются внутренние для MSC Adams функции, такие как: GFOSUB для введения 6-ти компонентных сил, VARSUB для вычислений с изменёнными внутренними для проекта переменными, CONSUB, являющейся управляющей библиотекой и связывающей внутренний скрипт Adams.View с остальными библиотеками [4].

При конечной сборке расчетной модели такие параметры, как общее время расчета, шаг интегрирования, а также ход толкателей и время деактивации жесткой связи, необходимой для того, чтобы расчет был произведен должным образом, передаются из скрипта в библиотеку для единичного расчета. Если пренебречь задержкой перед раскрытием солнечных батарей, которые могут иметь внутренние напряжения, то появляются начальные

возмущения в конечно-элементных моделях, полученные из MSC Patran. Для устранения этой проблемы используются жесткие закрепления, запрещающие перемещения по всем степеням свободы, требуемые для имитации работы пирозамков, удерживающих солнечные батареи в сложном состоянии.

Список используемых источников:

1. Бакулин В.Н., Борзых С.В. Подход для построения динамических моделей процесса раскрытия трансформируемых космических конструкций // Доклады Российской Академии Наук. Физика. Технические науки, 2021, том. 499, С.66-72.
2. Программное обеспечение MSC Adams // [www.mscsoftware.ru/products/adams](http://www.mscsoftware.ru/products/adams)
3. Керниган, Брайан Язык программирования C / Брайан Керниган, Деннис Ритчи. — М.: Вильямс, 2015. — 304 с.
4. Хохлов, Д.Г. Методы программирования на языке C. В 2 частях. Часть 1 / Д.Г.Хохлов. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. — 336 с.

## **Моделирование и оптимизация химической кинетики на базе схем Рунге-Кутты для решения жёстких систем ОДУ**

Садаков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Демидова О.Л.

МАИ, Москва

Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) и системы дифференциальных уравнений (СДУ) широко используются для математического моделирования процессов и явлений в различных областях науки и техники. Переходные процессы в радиотехнике, динамика биологических популяций, модели экономического развития, движение космических объектов и так далее исследуются с помощью ОДУ и СДУ. Помимо этого, с помощью ОДУ и СДУ моделируются химические процессы (расчёт термодинамического равновесия, моделирование химических превращений и так далее).

Для решения систем уравнений, описывающих химические процессы, нужно использовать методы, которые дали бы высокую точность при низких затратах по времени, потому что ЭВМ должна работать в режиме реального времени. В данной работе будет рассмотрено семейство методов Рунге-Кутты.

В это семейство входит огромное число методов, как явных, так и неявных. Преимущество явных методов заключается в производительности, так как им не нужно решать на каждом шаге системы алгебраических уравнений. Отсюда следует, что использование явных методов даёт больший выигрыш по времени, чем использование более производительного оборудования и распараллеливания. Главным преимуществом неявных методов является наличие устойчивости (А-устойчивости, L-устойчивости и так далее), в результате чего полученное ими решение является гарантированно устойчивым, в отличие от явных. Однако некоторые СДУ, описывающие химические процессы можно решить и явными методами с требуемой точностью, потому что свойства А и L-устойчивости являются лишь достаточным, но не необходимым условием эффективности решения, поэтому нельзя использовать только те или иные методы. Выбрать оптимальный метод можно путём целевого тестирования.

Продланная работа представляет собой программу для работы с СДУ при помощи множества методов семейства Рунге-Кутты. В работе реализовано 18 явных методов со 2 по 6 порядок точности, 9 вложенных, включая схему Дормана-Принца 4-5 порядка, 19 неявных, в том числе схемы Радо, Гаусса и Лобатто для полных и неполных матриц. Помимо этого, протестирован один L-стабильный диагональный метод. Для неявных схем используются схемы первого порядка (простой итерации, Зейделя) и второго порядка (метод Ньютона), причём для обращения матрицы применялся метод LU-разложения. Для дифференцирования функции при построении матрицы Якоби для метода Ньютона использовались формулы с 4 порядком точности. При необходимости можно использовать формулы с меньшим порядком.

Для того чтобы определить, какие методы можно использовать, был реализован алгоритм вычисления числа жёсткости СДУ, использующий QR-разложение матрицы системы для поиска всех собственных чисел. Систему можно считать жёсткой, если для неё коэффициент жёсткости намного больше единицы (чёткой границы между жёсткой и не жёсткой системой нет, поэтому пользователь может выбрать это значение сам, например 100). Тогда для расчёта применялись только жёсткие схемы Рунге-Кутты.

Для удобного отображения результатов вычислений был создан генератор pdf-отчётов, в которых представлена информация о решаемой задаче, метод её решения и таблица Бутчера для этого метода, график, отображающий решение численными методами и аналитическое (при наличии) и время, затраченное на работу программы. Если задача решалась при помощи жёстких схем, то дополнительно выводится информация о количестве итераций. Так же, при необходимости, может быть построен приближающий полином. Кроме этого, реализована возможность простого добавления новых методов решения на случай, если пользователю нужно решение каким-либо специфическим методом, которого нет в программе. При помощи пользовательского интерфейса можно использовать разработанную программу как для решения ОДУ, так и в целях обучения.

Программа тестировалась как на задачах химической кинетики, так и на модельных уравнениях и дала удовлетворительные результаты.

Список используемых источников:

1. Чадов С. Разработка и исследование высокопроизводительного программного комплекса для решения жестких систем ОДУ на графических процессорах общего назначения / С. Чадов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. — 2014. — №. 1. — С. 11-18.

2. Галанин М. Методы решения жестких обыкновенных дифференциальных уравнений. Результаты тестовых расчетов / М. Галанин, С. Ходжаева // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. — 2013. — №. 98. — С. 3.

3. Хайрер Э. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи : Монография / Э. Хайрер Г. Ваннер; Под редакцией С. С. Филипова. — Москва : Издательство Мир, 1999. — 648 с.

## **Разработка и внедрение тестирования по теоретической механике в процесс обучения инженеров**

Худорожко М.В.

Научный руководитель — Стихно К.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В настоящее время в период активного развития веб технологий создаются возможности для эффективного использования их в процессе обучения. В данной работе рассмотрен программный комплекс «СТАТУС (ТМ)», разработанный в МГТУ им. Н.Э. Баумана кафедре «Теоретическая механика», который был внедрен в учебный процесс в период дистанционного обучения весной 2020 года [1]. После снятия ограничений программный комплекс был адаптирован под очный формат обучения.

Данная система представляет собой веб приложение, соответственно состоящее из обработчика запросов на сервере и клиентской части в виде графического интерфейса. Идентификация пользователя происходит по основным учетным данным: ФИО, номер группы и почта на студенческом домене (@student.bmstu.ru). Авторизация пользователя осуществляется путем ввода пользователем случайно сгенерированного кода, отправленного по указанному почтовому адресу. После прохождения данной процедуры в базу данных сервера записываются уникальные идентификаторы компьютера пользователя: ID операционной системы, серийный номер жесткого диска и MAC-адрес. Таким образом реализуется «привязка» студента к его ПК. В последствии система определяет пользователя по данным машины и не требует прохождения процедуры авторизации. Затем система предлагает выбрать тему теста, после чего происходит генерация случайного варианта из

базы данных задач, хранящихся на сервере, в соответствии с инструкциями, указанными в управляющем файле. Окно тестирования позволяет свободно переключаться между задачами, имеется встроенный калькулятор, таймер оставшегося времени. После ответа на все вопросы теста и подтверждения студентом окончания теста происходит общая проверка всех заданий. Результаты пройденного теста представляются студенту в виде таблицы с конкретным указанием как верно решенных задач, так и неверно. Правильные ответы на неверно решенные задачи студентам не показываются. В конце приложение фотографирует экран с результатами теста, сохраняет его на рабочем столе студента, а также отправляет в общую базу данных, к которой имеет доступ преподаватель.

Для проведения очного тестирования в компьютерных аудиториях приложение работает аналогично, за исключением привязки машины и студента. Тем самым получается общая база данных результатов очного и дистанционного тестирования. Файлы дополнительно сортируются по дате прохождения теста, группе студента и использованного приложения. Проведение очного тестирования реализованы версии для ОС семейства windows и ОС ALT Linux [4].

Обращение к серверу происходит с помощью технологии HTTP запросов. Для мониторинга запросов использует веб-сервер, который вызывает соответствующие скрипты-обработчики, написанные на языке Python 3.8. Для хранения личных данных студента используется система управления базами данных MySQL. База данных задач состоит из документов с расширением .docx или .jpg. Время выполнения теста, количество заданий и доступные темы указываются в управляющем файле с расширением xlsx.

Представленный программный комплекс «СТАТУС (ТМ)» реализует основные элементы прокторинга, обеспечивает независимую объективную оценку выполнения теста, позволяет снизить время проведения проверки и оценки студенческих работ, а также предоставляет возможность для дополнительного самообразования учащихся. В 2022 году на данный комплекс получено Свидетельство о государственной регистрации программы.

Список используемых источников:

1. К.Б. Обносов. Разработка и внедрение программного обеспечения для тестирования текущих знаний студентов / К. Б. Обносов, К. А. Стихно, М. В. Худорожко // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2021. – С. 240-243.
2. Гришко, Д. А. Составление и численное решение уравнений Лагранжа II рода : Учебно-методическое пособие для студентов 2-3-го курса, изучающих теоретическую механику. / Д. А. Гришко – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. – 48 с.
3. William, S. V. Django for Professionals. / S. V. William: Leanpub, 2019. – 373 p.
4. Руководство администратора ALT Linux 4.0 Junior. – URL: [http://heap.altlinux.org/alt-docs/junior\\_admin/index.html](http://heap.altlinux.org/alt-docs/junior_admin/index.html) (дата обращения: 18.02.2023).

# **Направление №8 Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники**

## **Секция №8.1 Перспективные производственные технологии, технологии цифрового производства и аддитивные технологии**

---

### **Комбинирование электролитно-плазменных нитроцементации и полирования для повышения эксплуатационных характеристик титана**

Белов Р.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тамбовский И.В.  
КГУ, Кострома

Целью данного исследования является изучение влияния комбинированной электролитно-плазменной обработки, включающей анодную нитроцементацию и анодное полирование, на характеристики поверхности и эксплуатационные свойства технического титана.

Анодному электролитно-плазменному насыщению азотом и углеродом подвергались образцы цилиндрической формы из технического титана ВТ1-0 высотой 15 мм и диаметром 11 мм в электролите, содержащем 10 % хлорида аммония, 5% ацетона и 5% аммиака, температура варьировалась в пределах 750–900 °С, время насыщения составляло 5 минут. Электролит, температурой 23±2 °С, циркулировал по системе со скоростью 2,5 л/мин. В конце анодного диффузионного насыщения образцы закалялись в электролите простым отключением напряжения. Последующее анодное электролитно-плазменное полирование (ЭПП) проводили в 4 %-ном растворе фторида аммония. Время полирования 1–5 минут, напряжение 250–350 В. Электролит, температурой 90 °С, циркулировал по системе со скоростью 1 л/мин. Температура образцов не превышала 100 °С.

ЭПНЦ при температуре 900 оС позволяет сформировать твердый диффузионный слой в структуре титана толщиной до 30 мкм, максимальная микротвердость которого на глубине 5 мкм в приповерхностном слое составляет 1450±100 НВ, и упрочненный подслои толщиной 70–100 мкм в результате структурно-фазовых изменений. Максимальное значение микротвердости в 6 раз превышает микротвердость необработанного материала (250±50 НВ).

Коэффициент трения и интенсивность изнашивания снижаются в 1,4 и 4,4 раза соответственно после обработки при 750°С. Корреляции между наличием диффузионного слоя, высокой микротвердостью и результатами трибологических испытаний не наблюдается, потому что при разных температурах нагрева на поверхности формируется наружный оксидный слой, обладающий различной адгезией с подложкой и толщиной. В тоже время отсутствует корреляция между трибологическим поведением модифицированной поверхности и поверхностной шероховатостью, которая снижается до 2 раз после нитроцементации при всех исследуемых температурах.

ЭПП в 4%-ном растворе фторида аммония образцов после нитроцементации показало свою эффективность, обработка продолжительностью до 3 минут не снижает максимальную микротвердость и толщину диффузионного слоя. При этом наблюдается преимущественное растворение наружного оксидного слоя и дополнительное снижение средней шероховатости поверхности. Трибологические испытания показали, что коэффициент трения и интенсивность изнашивания нитроцементованного при 900 °С титана могут быть значительно снижены полированием в течение 3 минут при напряжении 250 В. В этом

случае убыль массы при трении нитроцементованного ВТ1-0 уменьшается в 8 раз, и в 4,5 раза превышает износостойкость необработанного материала.

Таким образом, комплексная обработка поверхности технического титана, в частности ЭПНЦ при 900 °С и ЭПП в 4%-ном растворе фторида аммония температурой 90 °С в течение 3 минут при 250 В, позволяет в 6 раз повысить поверхностную микротвердость и в 4,5 раза износостойкость изделий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромскому государственному университету.

### **3D-печать: перспективы и ограничения**

Будьлин Г.М.

Научный руководитель — к.т.н. Маликов С.Б.

МАИ, Москва

Несмотря на то, что методы аддитивных технологий были изобретены еще в двадцатом веке, данная технология начала повсеместно популяризоваться только в последние годы. Актуальное на тот момент техническое оснащение, а также недостаток экспериментов не позволяли получить весомое преимущество перед традиционными субстративными технологиями при выполнении соответствующего уровня качества [1].

К числу наиболее значимых позитивных моментов, выделяемых в аддитивных технологиях могут быть отнесены следующие: возможность создания объектов, характеризующихся сложной пространственной формой; существенная сырьевая экономия; возможность улучшения свойств получаемых изделий; реализация портативных и быстропереналаживаемых производств.

В настоящее время механико-кинематическая часть передовых 3D-принтеров стремится к своему пику достижений [2], поэтому для дальнейшего изучения и исследования остаются такие области как материалы для изготовления и программное обеспечение ЭВМ и станков.

В работе рассматривается организация подготовки производства деталей ГТД в условиях риска [3]. Уделено должное внимание необходимости документального взаимодействия [4] при согласовании информации на предприятии.

Актуальные материалы, использующиеся для печати, имеют некоторые ограничения, не позволяющие полностью заменить аддитивными технологиями субстративные.

Предметом исследования данной работы является рассмотрение актуальных материалов для 3D-печати, выявление преимуществ и недостатков. Другим объектом анализа будет разбор перспективных разработок в данной области и определение потенциальной сферы применения и её целесообразность.

Список используемых источников:

1. Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Анализ факторов, определяющих качество продукции авиационной промышленности // Авиационная промышленность. 2021. № 2. С. 51–53.
2. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Аддитивные технологии: освоение и внедрение в производство // Ритм машиностроения. 2016. № 9. С. 26–31.
3. Маликов С.Б. Метод анализа технического риска при организации подготовки опытного производства деталей: дисс. ... канд. техн. наук. — М.: МАТИ, 2012. — 195 с.
4. Юрин В.Н., Маликов С.Б. Анализ взаимосвязей информации конструкторских и технологических документов. / Четвертый Международный аэрокосмический конгресс IAC-2003. Сборник тезисов. Посвящается 100-летию авиации. — М.: СИП РИА, 2003. — С. 193–195.

## Литейные технологии как метод быстрого прототипирования

Булытко Т.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Варфоломеев М.С.

ООО «ЮВС Авиа», Москва

Быстрое прототипирование за несколько десятилетий своего существования доказало высокую значимость применения в инженерном деле для определения свойств опытных изделий. А с широким распространением аддитивных технологий данный метод стал еще доступнее. Для получения физических моделей с целью сравнения геометрических параметров возможно использовать практически любой способ 3д печати.

Изготовленные модели в короткое время аддитивным способом имеют анизотропную структуру с возможно прогнозируемыми свойствами. Однако переходя на уровень ниже, а именно на толщину слоя печати, выявляются недостатки: сцепление между слоями, и в случае порошковой печати, это не спеченные или наоборот переплавленные области печати. Таким образом, из-за внутренних дефектов и большого значения анизотропности невозможно применять методы печати для определения свойств по натурным образцам.

Поиск других способов получения опытных образцов является актуальной задачей для машиностроения.

В качестве испытательного объекта был выбран авиационный натяжной фитинг, расположенный в верхней части фюзеляжа, соединяющий стрингер и шпангоут. А в качестве метода быстрого прототипирования выбран метод SLM и литье по выжигаемым моделям (ЛВМ).

ЛВМ является распространённым методом получения узлов в авиакосмической отрасли и от других способов литья отличается возможностью создания сложных геометрических конфигураций с ограничением минимальной толщины 0,3 мм.

В качестве материала для печати SLM был выбран — AlSi10Mg, а для ЛВМ — АК9Ч. Химический состав данных сплавов идентичный, но порошковый сплав имеет большее значение удельной прочности. Первоначально выбранный прототип подвергался топологической оптимизации с целью создания двух равнопрочных моделей.

Таким образом, объем материала для АК9Ч составил 12279 мм<sup>3</sup>, а для AlSi10Mg — 7504,2 мм<sup>3</sup>. Коэффициент запаса прочности двух деталей приближен к единице.

Несущую способность полученных образцов определяли эмпирическим методом. В разрывной машине устанавливали технологическую оснастку, так, чтобы находящийся в ней объект имел нагруженное состояние, как и в фюзеляже.

Незначительные дефекты в литом образце существенного отклонения на статическую прочность не оказали, что продемонстрировано испытаниями. Однако, прогнозирование результатов испытаний изделий по технологии SLM показало несоответствие, что подтверждает необходимость более глубокого анализа и пересмотра свойств получаемых изделий.

Литье по выжигаемым моделям из полилактида экономически целесообразно использовать для получения отливок опытно-конструкторского назначения и единичного производства, где необходимо проработать конструкцию и сертифицировать ЛА с возможностью ее быстрого изменения, а SLM — для мелкосерийного производства при уточнении геометрии и функциональности узла.

В ходе опытного исследования удалось приблизить время производства литых изделий с помощью внедрения аддитивных технологий, показать различие в себестоимости более чем в 20 раз, однако прочностные свойства изделий, от которых зависит масса получаемого изделия, в литье проигрывает аддитивному методу печати металлическим порошком. Однако, плюсом ЛВМ является КИМ, стремящийся к 100% по сравнению с 78,5% SLM метода.

Список используемых источников:

1. Власов Н.В., Майнсков В.Н. Конструирование деталей авиационных конструкций из литых заготовок: Учеб, пособие / Самар, гос. аэрокосм. ун-т. Самара. 2002 63 с.

2. Терморазрушение материалов: полимеры и композиты при интенсивном нагреве: Учебное пособие для вузов/ О.Ф. Шленский, Н.В. Афанасьев, А.Г. Шаликов. Москва; Энергоатомиздат, 1996. — 287с.

3. Стрельчя В. Современные технологии быстрого прототипирования // READ.ME. 1997 — №1. — С. 12-15.

4. Специальные технологии литейного производства: учеб. пособие. Ч. 2 / под общ. ред. А.И. Евстигнеева, Е.А. Чернышова. — М.: Машиностроение, 2012 — 436 с.

## **Формирование термостойких покрытий на теплонапряженных элементах двигателей ЛА низкотемпературным газодинамическим методом**

Григоровский В.В., Коваленко А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитин П.В.

МАИ, Москва

Газотурбинный двигатель это комплексное, наукоёмкое изделие. Классическим способом совершенствования которого является повышение давления и температуры газа перед турбиной. Однако увеличение параметров приводит к повышенному износу и изменению физико-химических свойств поверхности наиболее ответственных деталей двигателя. Что приводит к необходимости досрочной замены и ремонта двигателя. Поэтому решение задач, связанных с защитой поверхности деталей проточной части ГТД, имеет большое значение.

Наряду с созданием новых материалов, способных выдержать агрессивную среду проточной части двигателя, часто применяется защита деталей с помощью функциональных покрытий.

Существует множество методов нанесения покрытий. Наиболее популярный тип методов это газотермические. Физическая сущность таких методов заключается в нагреве защитного материала, который подаётся в виде тонкой проволоки или порошка, его диспергирование и нанесение на основу. Такие методы очень хорошо зарекомендовали себя. Однако, для использования классических газотермических методов требуется нагрев до высоких температур (обычно превышающих температуру плавления), что приводит к изменению физико-химических свойств защитного материала.

В МАИ создан и апробирован метод нанесения покрытий позволяющий создавать многокомпонентные покрытия, который выгодно выделяется среди используемых в промышленности традиционных металлотермических методов нанесения покрытий. Метод получил название «Низкотемпературный газодинамический метод» (НТГДМ).

В докладе рассматривается способ нанесения функциональных покрытий низкотемпературным газодинамическим методом.

Список используемых источников:

1. Никитин П.В. «Тепловая защита». Учебник. — М.: Изд. «МАИ», 2006, 512 с.
2. Лунёв В.В. «Течение реальных газов с большими скоростями». М.: Физматлит, 2007, 760 с.
3. Молчанов А. М. Математическое моделирование задач газодинамики и тепломассообмена». М.: Изд. МАИ, 2013, 210с.
4. Авдеевский В.С., Галлицейский Б.М., Данилов Ю.И. и др. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике». Под ред. Авдеевского В.С., Кошкина В.К. М.: «Машиностроение», 1991, 518с.

## **Увеличение адгезии проводящих поверхностей печатных плат коронным разрядом**

Зятуев Ж.Ц., Простодушев А.О., Захаров Ф.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шарапов Н.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Организация производства высокотехнологичной электроники и электронных компонентов в России соответствуют одному из приоритетных стратегических направлений развития отечественной промышленности. В связи с этим возникает необходимость в импортозамещении и развитии технологических установок способных обеспечить современный уровень производства.

Целью настоящей работы является создание отечественной промышленной установки по активации поверхности печатных плат коронным разрядом.

На данный момент основной технологией по увеличению адгезии монтажных площадок печатной платы перед установкой электронных компонентов, применяющейся в отечественной промышленности, является химическая обработка высокотоксичной серно-хромовой смесью. В данной технологии увеличение адгезионных свойств достигается за счет создания развитой поверхности и очистки ее от загрязнений.

В странах с развитой электронной промышленностью химическая обработка активно вытесняется обработкой коронным разрядом. Воздействие коронным разрядом на протяжении небольшого промежутка времени позволяет на время значительно увеличить адгезионные свойства поверхности за счет увеличения ее поверхностной энергии (активации) и очистки ее от загрязнений.

Обработка коронным разрядом имеет ряд существенных преимуществ перед химической обработкой:

- Легко встраивается в технологический процесс, не требует отдельных технологических операций и может осуществляться непосредственно на конвейере;
- Обладает большой гибкостью при настройке технологического процесса и большей скоростью и точностью регулирования;
- Очень энергоэффективна, для работы технологии в среде инертных газов мощность установки не превышает 10 Вт;
- Не требует использования дополнительных химических реактивов.

Отдельно стоит выделить высокую экологичность данной технологии. При активации поверхности коронным разрядом, в отличие от химической активации, в процессе обработки не производится никаких высокотоксичных отходов, требующих дорогостоящих и не всегда возможных мер по обезвреживанию.

Техническая реализация технологии обработки коронным разрядом предполагает создание автономной модульной системы связанных между собой единой цепью питания генераторов коронного разряда. Основным технологическим требованием к конструкции такой установки является обеспечение требуемого времени обработки поверхности и равномерность обработки по всей поверхности печатной платы. Разработка автономной модульной системы также перспективна по причине возможности внедрения технологии обработки коронным разрядом в другие отрасли промышленности, где требуется очистка или активация поверхностей: машиностроение, авиастроение, текстильная и пищевая промышленность.

## **Лазерная ударная обработка цветных металлов и сплавов маломощным лазерным источником**

Зотова А.В., Лютикова О.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Мельников Д.М.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Технология ЛУО является наиболее эффективным методом обработки деталей машин для повышения их сопротивления многоциклового усталости (МнЦУ). МнЦУ является

основной причиной разрушения деталей авиационных двигателей. В отличие от других методов поверхностно-пластической деформации (ППД), ЛУО является бесконтактным, локальным и легкоавтоматизируемым методом, что обуславливает его конкурентоспособность. Внедрение ЛУО в технологический процесс производства деталей авиадвигателей позволит существенно повысить их долговечность. Это происходит благодаря основным эффектам ЛУО как метода ППД: снижению скорости появления забоин и других поверхностных дефектов, повышению сопротивления росту усталостных трещин, циклической долговечности и коррозионной стойкости. Бесконтактность и автоматизируемость ЛУО создают выгодные условия для обработки деталей со сложной геометрией, таких как лопатки. Локальность воздействия при ЛУО позволяет эффективно управлять распределением создаваемых остаточных напряжений, что положительно сказывается на надёжности метода.

Одной из важнейших задач развития технологии ЛУО является повышение её коммерциализуемости и более широкое внедрение в промышленное производство. Для обработки лопаток газотурбинных двигателей и схожих применений необходимы импульсы наносекундной длительности и энергии до 50 Дж. Для этого требуется применение твердотельных лазеров с модуляцией добротности, построенных по схеме генератор — каскад усилителей. Такие системы крайне дороги и громоздки, а предпосылок к их существенному прогрессу и удешевлению пока не наблюдается. Решением данной проблемы является переход от мощных одиночных импульсов с энергий порядка от 10 до 50 Дж и диаметром пятна в несколько миллиметров к высокочастотной обработке сфокусированным пятном с энергией менее 1 Дж. Такой подход позволит значительно снизить стоимость применяемых лазерных источников и существенно расширить область промышленного использования технологии ЛУО. Целью работы является разработка актуального метода лазерной ударной обработки цветных металлов и сплавов маломощным лазерным источником. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1. Разработка энергетических и технологических условий перехода к низкоэнергетическим источникам при ЛУО путём математического моделирования этапов преобразования лазерной энергии в энергию механической ударной волны в условиях лазерной абляции в жидкой среде. 2. Определение параметров процесса лазерной ударной обработки низкоэнергетическими источниками, сочетание которых необходимо оптимизировать для получения результатов, сопоставимых с лазерной обработкой на традиционных режимах. 3. Исследование оптимальных технологических условий локальной ударной обработки низкоэнергетическими источниками. 4. Разработка стратегий получения заданных свойств поверхности лазерной ударной обработкой низкоэнергетическими источниками. Поставленные задачи решались с использованием теоретических и экспериментальных методов исследования. Моделирование процесса ЛУО было основано на расчёте профилей остаточных напряжений по наиболее распространённой в литературе методике, включающей себя описание материала с помощью критерия пластичности Мизеса. Для прогнозирования динамических эффектов при пластическом деформировании использовалась модель Джонсона-Кука. Экспериментальные исследования производились с помощью лазерной установки «Solar LQ 829», работающей в режиме модуляции добротности с максимальной энергией в импульсе до 1 Дж. Планирование и проведение экспериментальных исследований осуществлялось с помощью стандартных методов однофакторных и многофакторных экспериментов. Критериями эффекта ЛУО использовались поверхностные микротвёрдость, остаточные напряжения и геометрия получаемых вмятин. Полученные результаты ЛУО низкоэнергетическими источниками сравнивались с результатами ЛУО на традиционных режимах, полученными в результате литературного и экспериментального исследований. В ходе исследовательской работы было установлено: 1. При использовании одиночных импульсов в процессе ЛУО применение диаметров меньше 500 мкм приводит к снижению эффекта пластической деформации при постоянной интенсивности излучения. 2. Меньшая эффективность лазерной ударной обработки при малых размерах пятен до 200 мкм может быть скомпенсирована обработкой с

коэффициентами перекрытия, обеспечивающими 4-кратное облучение единичной площади обрабатываемой поверхности. 3. На основании экспериментального и теоретического исследований процесса лазерной абляции в жидкости установлено, что изменение угла падения луча при ЛУО в жидкости, в отличие от обработки на воздухе, приводит к изменению эффекта пластической деформации не более, чем на 5 %, что может быть использовано при ЛУО сложной геометрии. 4. Применение лазерной ударной обработки в зоне термического влияния сварного шва за счёт пластической деформации позволяет изменить знак напряжений с растягивающих на сжимающие с величиной до 4-х раз больше, чем до обработки.

Список используемых источников:

1. Gujba AK, Medraj M. Laser Peening Process and Its Impact on Materials Properties in Comparison with Shot Peening and Ultrasonic Impact Peening. Materials (Basel). 2014 Dec 10;7(12):7925-7974. doi: 10.3390/ma7127925. PMID: 28788284; PMCID: PMC5456420.

2. Новиков, И. А. Мировой опыт в исследовании и применении технологического процесса лазерной ударной обработки металлов (обзор) / И. А. Новиков, Ю. А. Ножницкий, С. А. Шибяев // *Авиационные двигатели*. — 2022. — № 2(15). — С. 59-82. — DOI 10.54349/26586061\_2022\_1\_59. — EDN ZVZZHF.

3. Peyre, P.; Fabbro, R. Laser shock processing: A review of the physics and applications. *Opt. Quant. Electron.* 1995. 27, 1213–1229.

4. Зо Йе Мьят. Ударная обработка цветных металлов и сплавов маломощными лазерными источниками: дис. ... канд. тех. наук. — Москва, 2020. — 158 с.

## **Повышение эффективности ультразвукового контроля высоконагруженных деталей в авиационной промышленности**

Иванов Н.В.

Научный руководитель — к.т.н. Чижов И.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

На авиационных предприятиях по разработке, производству шасси, гидроцилиндров и гидроагрегатов осуществляется неразрушающий контроль высоконагруженных деталей и узлов. Дефектоскопический контроль выполняется в целях своевременного обнаружения трещин, коррозионных поражений, недопустимых изменений механических свойств и других дефектов материала высоконагруженных деталей авиационной техники с помощью дефектоскопов различного назначения.

Так при контроле технического состояния штоков амортизаторов основных опор шасси предназначенных для восприятия осевых и изгибных усилий, а также нагрузок на кручение. Наиболее часто трещины образуются в зоне запрессовки штока в патрубков среднего узла колес.

Цель исследования: уменьшение времени ультразвукового контроля амортизаторов самолета и повышение вероятности обнаружения дефектов типа несплошность.

Задачи исследования:

- Анализ методики ультразвукового контроля амортизационных штоков амортизаторов на самолетах.
- Разработка устройства на основе фазированных решеток.
- Разработка способа автоматизации ультразвукового контроля и принципиальной схемы устройства для его реализации.

В 1-й главе проведен анализ методики ультразвукового контроля и были выявлены ее недостатки.

Во 2-ой главе предлагается создание устройства, повышающего эффективность проведения контроля и вероятности обнаружения дефектов на исследуемом объекте. В заключении предложен способ автоматизации, который заключается в автоматическом перемещении устройства по всей зоне контроля.

Список используемых источников:

1. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении/ СВЕН. 2014.С.312.

## **Автоматизированное распознавание, сегментирование и классификация дефектов**

Коробов К.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рипецкий А.В.

МАИ, Москва

3Д печать является одной из перспективных и развивающихся производственных технологий в РФ. Детали, проектируемые под производство методами послойного синтеза, могут сочетать в себе высокий уровень конструктивного совершенства, включая существенное их облегчение при сохранении требуемых характеристик. Сам принцип послойного синтеза и возможность использования модифицированных материалов могут обеспечить новый уровень высокотехнологичной продукции для аэрокосмической, машиностроительной и медицинской отраслей промышленности.

Существенным барьером для внедрения этих технологий в существующие производственные циклы является вопрос контроля и стабильности характеристик таких изделий. В данной работе рассматриваются вопросы обеспечения качества в процессе послойного синтеза с использованием лазерного излучения для сплавления частиц металлопорошковых композиций (МПК). Одним из факторов, влияющих на нестабильность характеристик как процесса, так и получаемых деталей является бимодальное распределение частиц, при котором мелкая фракция заполняет определенный объем пространства между крупными частицами композиции. Другим фактором является стабильность характеристик всего объема используемого в процессе порошка. В этом случае возможно влияние последствий процессов атомизации, при производстве МПК. Эти факторы могут оказывать влияние на значительное увеличение размеров и количества пор в процессе послойного синтеза, что, без сомнений является недопустимым.

В данной работе рассматривается методика автоматизированного распознавания, сегментации и классификации вышеупомянутых дефектов. Такой подход предлагается как возможный инструмент прогнозирования качества по результатам неразрушающего и разрушающего методов контроля соответствующих образцов. Результаты, полученные с помощью такого подхода, могут быть использованы на этапах подбора технологических параметров послойного синтеза для новых образцов российского оборудования и модифицированных металлопорошковых композиций. Так же методика может быть использована для разных технологий послойного синтеза.

Список используемых источников:

1. М.Р. Bendsoe, sigmund, O, in: Topological Optimization: Theory, Methods and Applications, Springer-Verlag, Berlin, 2004, p. 370.
2. M. Abdi, R. Wildman, I. Ashcroft, Evolutionary topology optimization using the extended finite element method and isolines, Eng. Optim. (2013), <http://dx.doi.org/10.1080/0305215x.2013.791815>.
3. X. Huang, Y. Xie, Convergent and Mesh-independent Solutions for the
4. Bi-directional Evolutionary Structural Optimization Method Finite Elements in Analysis and Design, 43, 2007, pp. 1039–1049.

## **О влиянии массы осаждаемых при наклонном падении атомов на формирование структуры покрытий**

Кубатина Е.П., Козлов П.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лозован А.А.

МАИ, Москва

Метод формирования тонких пленок при наклонном падении осаждаемых атомов получает все большее применение в нанотехнологиях получения поверхностей с высокой пористостью и большими удельными поверхностями [1]. Нанесение данных пленок сначала проводили с помощью методов термовакuumного напыления, реализуемых при высоком вакууме, что обеспечивало перенос испаренных частиц к подложке в безстолкновительном

режиме. Данный режим при падении атомов на подложку под значительными (вплоть до  $90^\circ$ ) углами от нормали к ней приводит к формированию столбчатых структур с диаметрами в порядке немногих десятков нанометров.

Применение движения подложки при напылении позволило создать пленки получения с различными столбчатыми и пористыми структурами, типа зигзаг, волнистых и других, обладающих выдающимися свойствами.

Далее метод стал применяться с магнетронным распылением, т.е. при давления рабочего газа-аргона порядка 10-1 Па и выше [2], что приводит к рассеянию распыленных атомов при столкновениях с атомами аргона. Эффективность рассеяния сталкивающихся атомов зависит соотношения их масс. Наиболее эффективно передача энергии происходит при столкновении частиц с близкой атомной массой, например столкновение титана с аргоном. Распыление атомов тяжелых элементов приводит к их столкновениям с газом при малом торможении в так называемом баллистическом режиме осаждения, в результате чего образуются высоконаправленные атомы, которые формируют наклонные наностолбцы. Перенос легких распыленных атомов происходит в диффузионном режиме и термализации атомов, что приводит к вертикальному столбчатому росту. Таким образом видно, что масса распыленных атомов при заданном давлении рабочего газа определяет характер формирования столбчатой наноструктуры.

Однако влияние массы распыленных атомов на этом не заканчивается. Развитие технологий наклонного осаждения привело к использованию двух- и многокомпонентных структур, что потребовало применения нескольких источников атомов, в том числе разной массы. Наиболее простым и наглядным примером является процесс напыления структуры типа Янус, когда на неподвижную подложку с двух сторон под одинаковым углом наносят 2 разных элемента, тяжелый и легкий.

Механизм роста столбцов связан со скоростью прибытия и энергией (а значит и с массой) атомов, сталкивающихся с столбцами. Их окончательная морфология особенно зависит от длины самодиффузии атомов и, следовательно, от энергии активации поверхностной самодиффузии, которая например, на порядок выше для таких атомов, как W, Mo или Ta, чем у атомов Au, Cu или Ag. В результате длина самодиффузии Cu выше, чем у W, что приводит к зернистой форме столбцов на стороне, обращенной к Cu-мишени, и плотной морфологии на противоположной стороне.

В докладе приводятся примеры решения указанных проблем.

Список используемых источников:

1. M. Hawkeye, M. Taschuk, M. Brett, *Glancing Angle Deposition of Thin Films: Engineering the Nanoscale*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK, 2014.

2. M. Keating, S. Song, G. Wei, D. Graham, Y. Chen, F. Placido, *Ordered silver and copper nanorod arrays for enhanced Raman scattering created via guided oblique angle deposition on polymer*, J. Phys. Chem. C 118 (2014) 4878–4884.

## **Применение электрофизических способов для обработки при изготовлении деталей из труднообрабатываемых материалов**

Ломакин И.В., Рязанцев А.Ю.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Рязанцев А.Ю.

АО КБХА, Воронеж

В современном машиностроении требования к характеристикам изделий аэрокосмической отрасли постоянно повышаются. В конструкциях жидкостных ракетных двигателей широко применяются труднообрабатываемые сплавы: хромоникелевые, титановые и другие. В частности, детали из труднообрабатываемых материалов используются в корпусных деталях турбонасосных агрегатов.

Размерная обработка корпуса турбонасосного агрегата (ТНА) является сложным и трудоёмким процессом. Выбор оптимального способа обработки корпусных деталей из труднообрабатываемых жаропрочных материалов, является актуальной задачей в

машиностроении. Разработка оптимальной технологии позволит сократить трудовые и материальные затраты на изготовление изделий.

Главными элементами турбонасосного агрегата являются насосы турбина, корпус турбонасосного агрегата. Работа ТНА происходит в условиях низких и высоких температур с высоким давлением компонентов топлива. В конструкции деталей турбонасосного агрегата жидкостного ракетного двигателя применяются различные сложнопрофильные отверстия квадратного и конусного сечений, которые обеспечивают исключение образования кавитационных процессов. Кавитация во время работы жидкостного ракетного двигателя, может повлечь за собой его разрушение.

Переменный профиль входа корпуса турбонасосного агрегата представляет собой последовательно расположенные коническое и цилиндрическое отверстия. Выбор способа обработки деталей является одной из самых сложных задач при разработке технологии изготовления. Для выбора оптимальной технологии необходимо выполнить анализ известных способов обработки изделий из труднообрабатываемых материалов, применяемых в машиностроении.

В машиностроении наиболее распространённым способом для обработки заготовок, является лезвийная обработка (механическая). Для изготовления деталей из труднообрабатываемых материалов лезвийным способом, режимы резания необходимо подбирать с учётом конструкции выбранного инструмента и физико-химических свойств режущей части. Основной проблемой при обработке труднообрабатываемых материалов механическим способом, является малая стойкость режущей части инструмента. Использование лезвийной обработки для получения отверстия квадратного сечения на входе в улитку корпуса турбонасосного агрегата не целесообразно, в связи с высокими требованиями к шероховатости (Ra 0.8) квадратного сечения.

Для получения отверстия, плавно переходящего в цилиндрическое, возможно применение электрофизических способов обработки. Электрофизические способы обработки — общее название методов обработки конструкционных материалов непосредственно электрическим током с механическим воздействием. Широкое использование электрофизических методов обработки в промышленности обусловлено их высокой производительностью, возможностью выполнять технологические операции, недоступные традиционным методам обработки. Электрофизические методы обработки весьма разнообразны и условно их можно разделить на электроэрозионные, электромеханические, лучевые. Электроэрозионный способ позволяет выполнять такие операции как: прошивание, электроэрозионное шлифование, разрезание, электроэрозионное упрочнение. материалов [1].

Электроэрозионные методы обработки представляют собой импульсное воздействие электрического тока на заготовку, в среде диэлектрика. В процессе обработки электродом-инструментом заготовки, возникает напряжённость электрического поля, которая обратно пропорционально расстоянию между электродами.

Обработка отверстия переменного сечения расположенного, на входе в корпус турбонасосного агрегата требует изготовления сложнопрофильного электрода-инструмента [2]. Основной профиль инструмента должен повторять профиль детали. На конце выполняется переходный радиус, с целью формирования зоны перехода квадратного отверстия. В соответствии с нормативной документацией шероховатость поверхности по периметру сечения отверстия должна соответствовать 0,8 Ra. На машиностроительных предприятиях для получения специальных отверстий в турбонасосном агрегате используется технология электроэрозионной обработки [3].

В рамках исследовательской работы рассмотрены преимущества и недостатки традиционных способов лезвийной и электрофизической обработки для получения сложнопрофильных отверстий в корпусе турбонасосного агрегата, изготавливаемого из труднообрабатываемого материала. В АО КБХА разработана и внедрена в производство технология электроэрозионной обработки корпусов турбонасосных агрегатов, изготавливаемых из труднообрабатываемых материалов. Использование современных

технологий позволило повысить качество и производительность процесса обработки, уменьшить материальные и трудовые затраты при изготовлении изделий спецтехники и гражданской продукции.

Список используемых источников:

1. Вишницкий, А.Л.; Ясногородский, И.З.; Григорчук, И.П. Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов; Л.: Машиностроение; Издание 3-е, перераб. и доп. — Москва, 2010. — 212 с

2. Development and Implementation of the Technology for Obtaining Channels in the Turbopump Units Bodies / A. Ryazantsev, S. Yukhnevich, I. Lomakin // Key Engineering Materials. — 2022. — Vol. 910 KEM. — P. 253-258. — DOI 10.4028/p-w4dipw. — EDN EGEFMT.

3. Диссертационная работа «Разработка технологии изготовления металлических фильтров с управляемой траекторией струи» — Широкожухова А.А., 167 с.

## **Применение аддитивных технологий**

Мануйлов П.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Маликов С.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время всё более интенсивное развитие происходит в области аддитивных технологий. Одним из наиболее частых интересов в данных технологиях является авиастроение, в том числе и двигателестроение.

В данной работе рассмотрены возможности применения и их особенности ряда аддитивных технологий в процессах ремонта и восстановления газотурбинных двигателей (ГТД). Оценена область применения и экономическая целесообразность технологий Selective Laser Melting (SLM) и Directing Laser Metal Sintering (DLMS) [1] в ремонтно-восстановительных мероприятиях ГТД, производимых с соблюдением должного уровня качества [2].

Применение в производственных условиях ремонтно-восстановительных мероприятий аддитивных технологий предоставляет значительные преимущества. Так, например, это отсутствие необходимости создания и последующего использования специализированной оснастки и различных приспособлений, требуемых для обеспечения обработки при использовании в различных традиционных (субстративных) технологиях.

Рассмотрены современные методы быстро прототипирования для быстрого создания недостающих элементов, которые не представляется возможным получить от завода изготовителя в разумные сроки.

Уделено внимание вопросам организации подготовки промышленного производства деталей ГТД с позиций риска [3], а также рассмотрению альтернатив ставшим классическими [4] методам и технологиям.

Рассмотрены технологии прямого осаждения материалов для восстановления повреждённых элементов ГТД. Произведено сравнение некоторых аддитивных методов с традиционными методами восстановления повреждённых деталей ГТД.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники. Монография. Под ред. акад. РАН М.А. Погосяна. Авт.: Братухин А.Г., и др. — М.: Изд-во МАИ, 2020. — 448 с.

2. Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Анализ факторов, определяющих качество продукции авиационной промышленности // Авиационная промышленность. 2021. № 2. С. 51–53.

3. Маликов С.Б. Метод анализа технического риска при организации подготовки опытного производства деталей: дисс. ... канд. техн. наук. — М.: МАТИ, 2012. — 195 с.

4. Бойцов А.Г., Токмакова Т.В., Высоцкая В.И., Маликов С.Б. Воздействие электроэрозионного фрезерования на обработку деталей ГТД из титановых сплавов // Авиационная промышленность. 2019. № 1. С. 45–47.

## Оптимизация режимов селективного лазерного сплавления для жаропрочного сплава на основе TiAl

Марков Г.М.

Научный руководитель — к.т.н. Логинов П.А.  
НИТУ МИСиС, Москва

В последнее время всё большее внимание в авиационной промышленности привлекают жаропрочные сплавы на основе TiAl, отличающиеся высокой прочностью и низкой плотностью по сравнению с никелевыми суперсплавами. Однако получение изделий сложной геометрии из жаропрочных сплавов на основе TiAl традиционными металлургическими методами лимитируется сложностью механической обработки и низкой скоростью удаления материала. Применение современных аддитивных технологий, в частности, селективного лазерного сплавления (СЛС), может устранить вышеперечисленные недостатки, а также снизить время изготовления деталей и стоимость конечной продукции.

На сегодняшний день разработаны режимы СЛС для таких известных сплавов, как Ti-6Al-4V, Ti-48Al-2Cr-2Nb и др. Однако доля исследований других жаропрочных сплавов на основе TiAl в этом направлении ничтожно мала. Поэтому целью настоящей работы являлась оптимизация режимов СЛС для порошка жаропрочного сплава TNM-B1.

Порошковый сплав был получен из элементных порошков методами высокоэнергетической механической обработки (ВЭМО) и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Метод ВЭМО способствовал равномерному распределению элементов в сплаве, а СВС позволил получить оптимальное соотношения фаз TiAl/Ti3Al, что ранее было описано в работе [1]. Далее полученные СВС-спеки измельчали с помощью щековой дробилки и планетарной центробежной мельницы. Далее проводили ситовую и воздушную классификацию порошка с целью выделения целевой фракции в 10-50 мкм. Плазменную сфероидизацию проводили с целью получения сферической формы порошковых частиц, пригодных для последующих СЛС-экспериментов.

СЛС-образцы кубической формы из сферических порошков были получены на установке СЛС проводили на установке SLM 250 фирмы «SLM Solutions GmbH» (Германия). В качестве подложки использовали титановый сплав ВТ6. Лазерный синтез проводили исходя из расчета минимальной объемной плотности энергии лазера, необходимой для переплава слоя порошка заданной толщины. При этом варьировали такие параметры, как мощность лазера, скорость сканирования, интервал сканирования при постоянной толщине порошкового слоя. Структуру полученных образцов исследовали методом сканирующей электронной микроскопии.

Установлено, что в связи с многократным переплавом порошковых слоев при мощностях от 120-200 Вт увеличивается вероятность формирования каверн и трещин, непригодных для построения объемных образцов. Высокие скорости сканирования лазером позволяют добиться полного построения образцов с пористой структурой и оптимумом в диапазоне 600-1000 мм/с. В беспористых образцах причиной появления большинства дефектов было связано с накоплением сильных внутренних напряжений, действующих в продольном и поперечном направлении. Появление трещин наблюдалось в областях с низким содержанием Nb и уменьшенной границей раздела между различными фазами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект 0718-2020-0034).

Список используемых источников:

1. Loginov P. A. et al. Structural and mechanical properties of Ti–Al–Nb–Mo–B alloy produced from the SHS powder subjected to high-energy ball milling //Materials Science and Engineering: A. — 2021. — Т. 814. — С. 141153.

## **Формирование трехмерных структур из полимерных материалов и модифицирование нетканых полимерных материалов методом поверхностно-селективного лазерного спекания**

Минаева Е.Д., Пермяков А.П.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Минаев Н.В.

ИФТ РАН, МИФИ, Москва

Лазерные аддитивные технологии позволяют формировать объемные трехмерные структуры по заранее подготовленным компьютерным моделям с требуемыми параметрами (геометрические размеры, пористость, жесткость и т.д.). Одной из перспективных лазерных аддитивных технологий является метод поверхностно-селективного лазерного спекания (ПСЛС). Принцип работы метода ПСЛС основан на поглощении энергии лазерного излучения сенсбилизаторами нагрева, нанесенными в небольшом количестве на поверхность термопластичного полимерного материала. Такой подход позволяет перераспределить нагрев материала к его поверхности, таким образом избежать перегрева внутреннего объема. При нагреве сенсбилизатора, нанесенного на поверхность материала, поглощенная энергия лазерного излучения передается приповерхностному слою полимерного материала и происходит спекание. В качестве сенсбилизатора нагрева выступает вода, у которой высокий коэффициент поглощения ( $\sim 100 \text{ см}^{-1}$ ) излучения на рабочей длине волны лазера ( $1,9 \text{ мкм}$ ). У полимеров коэффициент поглощения на используемой длине волны заметно ниже ( $\sim 1 \text{ см}^{-1}$ ), поэтому активный процесс поглощения лазерного излучения будет происходить в слое воды, нанесенной на поверхности полимерного материала. Преимуществом метода ПСЛС является возможность модифицировать структуру готовых изделий (нетканых полимерных материалов), а также формировать «с нуля» трехмерные конструкции из полимерных микрочастиц различного состава и морфологии без перегрева полимерного материала по объему. В качестве материала может выступать биосовместимый биодеградируемый термопластичный сложный полиэфир полилактид и его сополимеры, а также гибридные композиционные материалы на его основе. Для обеспечения адсорбции воды на поверхности материалов из полилактида целесообразно нанесение гидрофильных покрытий.

Цель работы — демонстрация возможностей метода ПСЛС для модифицирования готовых нетканых полимерных материалов и для формирования трехмерных структур из полимерных микрочастиц различной формы.

В работе использовались нетканые материалы из полилактида, полученные методом электроформования, а также микрочастицы из полилактида или его смесей с наночастицами гидроксипатита, полученные методом механического помола и методом испарения растворителя из эмульсии масло/вода.

Показано, что воздействие лазерного излучения среднего ИК-диапазона с длиной волны  $1,9 \text{ мкм}$  на нетканые материалы приводит к спеканию волокон и формированию различных типов структур в зависимости от мощности лазерного излучения и скорости его перемещения по поверхности материала. При послойном формировании трехмерных структур методом ПСЛС спекание частиц происходит только в приповерхностных слоях. Метод ПСЛС применим как к частицам неправильной формы, так и к сферическим частицам, в том числе гибридным микрочастицам, наполненным наночастицами гидроксипатита.

## **Получение порошка полностью стабилизированного диоксида циркония методом индукционного переплава в «холодном» тигле**

Митрофанов А.Л.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лозован А.А.

АО «Композит», МАИ, Москва

Полностью стабилизированная керамика из диоксида циркония (FSZ) чаще всего применяется в качестве огнеупорного материала, опорных конструкций для катализаторов, в

качестве электролита твердотельных топливных ячеек и датчиков кислорода. В ювелирном деле его используют для имитации драгоценных камней.

В большинстве литературных источниках упоминается, что достижение полной стабилизации диоксида циркония возможно только при добавлении к нему CaO более 7.9 масс. % [1-3]. Полученный диоксид циркония методом индукционного переплава в «холодном» тигле позволяет сократить содержание CaO до 7.0 масс. %.

Стабилизацию бадделеитовой руды CaO проводили в водоохлаждаемом контейнере внутри индуктора установки «Кристалл». Исходная шихта расплавляется и перемещением тигля понижается температура в нижней точке расплава, начиная его кристаллизацию. Полученный слиток подвергается дроблению и размолу, очистке от металлических примесей при измельчении и рассеvu на необходимые фракции [4].

Химический состав порошков определяли на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Jeol JSM-6610LV с энергодисперсионным анализатором Oxford Instruments Advanced Aztec методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) и микрорентгеноспектральным анализом (МРСА).

Качественный анализ фазового состава нанесённых покрытий проводили на рентгеновском дифрактометре Empyrean ("PANalytical B.V.", Нидерланды). Идентификацию фаз проводили с помощью специализированной компьютерной программы HighScore Plus для фазового анализа со встроенной базой справочных стандартов PAN-ICSD (inorganic Crystal Structure Database).

Результат фазовой идентификации определялся методом Ритвельда и показал содержание в образце только кубической модификации диоксида циркония.

Метод достаточно перспективен в получении порошков со стабилизаторами различных редкоземельных металлов, в получении керамических порошков для различных изделий из керамики.

Список используемых источников:

1. Горелов В.П. Высокотемпературные фазовые переходы в ZrO<sub>2</sub> // Физика твердого тела. 2019. Т. 61. № 7. С. 1346-1351.
2. Вафин С. М., Хван В. И. Керамика на основе диоксида циркония. Достижения и перспективы // Стоматолог-практик. 2011. № 1. С. 20.
3. Stubican V.S., Ray S.P. Phase equilibria and ordering in the system ZrO<sub>2</sub> — CaO // J. Am. Ceram. Soc. 1977. V. 60. No. 11-12. P. 534-537.
4. Митрофанов А.Л., Колотенко И.Р. Сравнение технологий получения электроплавленного порошка на основе диоксида циркония, применяемых на промышленных производствах. // Новые материалы и технологии в ракетно-космической, авиационной и других высокотехнологичных отраслях промышленности. Сборник материалов 16-й молодежной конференции — ООО «12 апреля». 2020. С. 8-16.

## **Контроль геометрических характеристик сферических ДСЕ с помощью координатно-измерительных машин**

Надежин М.Н.

Научный руководитель — Теряев Н.С.

АО «Красноярский машиностроительный завод», Красноярск

В данной работе представлен метод использования КИМ для бесконтактного съема информации, позволяющий достичь высокой точности проведения контрольно-измерительных работ, а также значительно снизить затраты на измерения ДСЕ сферической формы.

До настоящего момента контроль геометрических характеристик сферических дниц производился с помощью универсального инструмента (штангенциркуля, линейки, штангенрейсмаса). В данный момент контроль толщины ДСЕ производится с помощью ультразвуковых толщинометров, что тоже занимает много времени и сил.

На смену универсальному инструменту, пришли координатно-измерительные машины. Так на протяжении более пяти лет на предприятии АО «Красмаш» используют мобильные координатно-измерительные машины для контроль геометрических характеристик всех сферических днищ. Но контактным методом не всегда удастся понять форму самой сферы и ее радиус от центра [1].

С помощью мобильной координатно-измерительной машины со сканером, был разработан метод сканирования сферических ДСЕ с внутренней и наружной сторон, чтобы производить контроль толщины и радиус сферы в любой точке.

Так как радиус и диаметр сферических деталей РКТ достигает R1800 мм и Ø3000 мм экспериментальным методом было установлено, что для выполнения данной задачи нужно использовать «реперные» точки [2].

Принцип действия метода:

• В специальную оснастку устанавливается сферическое днище, так чтобы оно было в заневоленном состоянии.

• На деталь в хаотичном порядке наклеиваются «реперные» точки

• Сканируется днище.

• Собираются контактным методом все «реперные» точки.

• Делается смена позиций в программном обеспечении КИМ.

• Переворачивается ДСЕ.

• Собираются «реперные» точки в том же порядке.

• Сканируется днище с другой стороны

• Производится анализ и обработка результатов [3]

В данной работе приведены экспериментальные и практические процессы по определению толщины и радиуса днища. Подобная схема измерений обладает высокой гибкостью, позволяя однообразно определять параметры пространственно сложных поверхностей, такие как радиус кривизны, деформацию, а в нашем случае и толщину [4]. Решить задачу высокопроизводительных и точных измерений в цеховых условиях позволило применение лазерного трекера.

Список используемых источников:

1. Васильева А.А., Абляз Т.Р. Исследование процесса измерения корпусных деталей на координатно-измерительной машине // MASTER'S JOURNAL. — 2015. — № 1. — С. 51-59.

2. Тигнибидин А.В., Зайнуллина Л.В., Ромащенко В.А. Определение достоверных методик проведения измерений на координатно-измерительных машинах // Динамика систем, механизмов и машин. — 2018. — № 1 (6). — С. 171-191.

3. Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства / пер. с англ. М. : Мир, 1987. — 528 с.

4. Сурков И.В., Гузев В.И., Схиртладзе А.Г. Автоматизированные методы и средства измерений, испытаний и контроля в машиностроении: учеб. пособие / ЮУрГУ. — Челябинск, 2009. — 337 с.

## **Эффективность использования катодного и анодного электролитно-плазменного азотирования для повышения твердости и износостойкости нержавеющей стали 12Х18Н10Т**

Наумов И.М., Носова М.А., Маркина Л.М.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Кусманов С.А.  
КГУ, Кострома

Целью данного исследования является изучение возможности повышения твердости и износостойкости нержавеющей стали 12Х18Н10Т электролитно-плазменным азотированием изделий при катодной и анодной полярности.

Катодное (КЭПА) и анодное (АЭПА) электролитно-плазменное азотирование проводилось в водном растворе электролита содержащем 5 % хлорида аммония и 5 % аммиака. Обработке подвергались цилиндрические образцы из нержавеющей стали марки

12Х18Н10Т с высотой 15 мм и диаметром 11 мм. КЭПА проводили при постоянной температуре 750°С и варьировании времени насыщения от 5 до 30 мин, а также при постоянной продолжительности 10 минут при изменении температуры насыщения от 650 до 850°С. АЭПА проводили при постоянной продолжительности времени насыщения 5 мин, изменяя температуру от 650 до 850°С. При анодном варианте азотирования время оптимального насыщения составляет 5 минут, в то время как продолжительное насыщение приводит к повышенному растворению обрабатываемого материала. Температура электролита во время обработки поддерживалась равной  $30 \pm 2$  °С, а скорость его циркуляции в системе составляла 2,5 л/мин. По окончании анодного и катодного диффузионного насыщения образцы закалялись в электролите простым отключением напряжения.

Катодное и анодное азотирование аустенитной нержавеющей стали сопровождается изменениями в структуре материала, в том числе формированием слоя нитридов железа, упрочняющих изделия на глубину диффузии. АЭПА при 650–700 °С позволяет повысить микротвердость стали в модифицированном слое до 1150 НV, глубина которого не превышает 20 мкм. С увеличением температуры АЭПА микротвердость и толщина диффузионной зоны снижаются, что указывает на блокирующее диффузию азота действие наружного оксидного слоя, сформированного при высокотемпературном окислении поверхности, интенсивность которого с увеличением температуры обработки возрастает. При КЭПА, несмотря на более продолжительное насыщение, сильно развитый оксидный слой значительно блокирует диффузию и микротвердость не превышает 580 НV.

Результаты трибологических испытаний показали, что после АЭПА во всех температурных режимах происходит снижение массового износа и коэффициента трения. Наилучшие результаты были получены после азотирования при 650 °С, когда массовый износ снизился в 166 раз, а коэффициент трения в 1,6 раза. При этих условиях наблюдается снижение температуры в зоне фрикционного контакта практически на 20 °С. В результате КЭПА при всех режимах обработки происходит повышение коэффициента трения по сравнению с необработанным образцом. В то же время происходит снижение массового износа в 13 раз при максимальной микротвердости поверхностного слоя, достигаемой после азотирования при 850°С. Повышенная твердость поверхностного слоя определяет и наиболее высокое значение коэффициента трения, отражающееся в повышении температуры в зоне фрикционного контакта практически на 20°С.

Таким образом, наиболее эффективно проводить АЭПА при температуре 650–700 °С в течение 5 минут, позволяющего сформировать слой нитридов железа в структуре нержавеющей стали, в 5 раз повысить ее микротвердость и в 166 раз износостойкость.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромскому государственному университету.

### **Сравнительная оценка упругих характеристик полиимидной пленки и термомеханического актюатора на основе полиимида**

Никитин А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Жуков А.А.

МАИ, Москва

В настоящее время, термомеханические актюаторы (ТМА) на основе полиимида (ПИ) являются перспективными разработками для использования в космических микробототехнических системах. Данные устройства могут выдерживать агрессивную космическую среду, а также имеют относительно высокие механические свойства для работы в открытом космосе. Исходя из этого, сравнительная оценка упругих характеристик ПИ пленки и ТМА на основе ПИ является задачей актуальной и необходимой для дальнейшего развития данных систем.

Цель работы: сравнение экспериментально полученных упругих характеристик ТМА на основе ПИ и ПИ пленки.

Для достижения данной цели надо решить ряд задач: описать объекты исследования, а именно ТМА на основе ПИ и ПИ пленку, выбрать наиболее удобный и распространенный метод для проведения эксперимента, описать шаги проведения эксперимента на исследование нагрузочной способности данных объектов, проанализировать полученные результаты, сравнить коэффициенты жесткости ПИ пленки и ТМА на основе ПИ и объяснить разницу между данными характеристиками.

Из [1] известно, что ТМА состоит из кремниевой пластины с меза-структурой, состоящей из параллельных трапециевидных вставок, соединенных прослойками, выполненными из ПИ покрытия, сформированного из раствора с последующей термоимидизацией. Для более точного анализа и исследования нагрузочной способности ТМА на основе ПИ и ПИ пленки использовали цифровой микроскоп с увеличением с 50 до 400 крат и линейку с ценой деления 1 мм. В процессе измерения нагрузочной способности использовали грузы разного веса в интервале от 0.01 г. до 1.28 г., сделанных из пищевой алюминиевой фольги. Нагружая по очереди ТМА и ПИ пленку, фиксировали отклонения высоты от начального положения. На основе полученных значений построили график зависимости нагрузка-деформация и вычислили коэффициенты жесткости. Коэффициент жесткости для ТМА составил 5,02 Н/м, что соответствует работе из [2]. Для ПИ пленки коэффициент жесткости составил  $5,2 \cdot 10^{-2}$  Н/м, коэффициент жесткости для ПИ пленки соизмерим с рассчитанным коэффициентом жесткости для ПИ пленки известным модулем упругости  $E=120$  МПа [3]. Разница на два порядка коэффициентов жесткости ТМА и ПИ пленки объясняется различием в технологии получения: у ТМА вследствие адгезии полиимида к кремниевой подложке при формировании структуры упрочняются упругие характеристики из-за возникновения анизотропии ПИ [4].

Результаты данной работы внесут свой уникальный вклад в разработку космических микроэлектромеханических систем со служебной и целевой нагрузкой.

Список используемых источников:

1. Пат. 2448896 Российская Федерация, МПК В81В 3/00, В81С 1/00, В81В 7/00. Тепловой микромеханический актюатор и способ его изготовления / А. А. Жуков, И. П. Смирнов, А. С. Корпухин, Д. В. Козлов, П. Г. Бабаевский; заявитель и патентообладатель ОАО «Российские космические системы». — № 2010111378/28 ; заявл. 25.03.10 ; опубл. 27.04.12, Бюл. № 12.
2. Васильев, Ф.В. Характеристики упругости миниатюрного термомеханического актюатора шагающего микроробота, / Ф.В. Васильев, А.А. Жуков, М.А. Коробков — Санкт-Петербург, 2019. — 41-43 с.
3. Бессонов, М.И. Полиимиды — класс термостойких полимеров / [М. И. Бессонов, М. М. Котон, В. В. Кудрявцев, Л. А. Лайус]; Отв. ред. М. И. Бессонов. — Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1983. — 307 с.
4. Папков, С. П. Физико-химические основы формирования искусственных волокон [Текст] : (Обзор) / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т искусств, волокна. Лаборатория растворов полимеров физ.-хим. отд. — Мытищи : [б. и.], 1968. — 132 с.

## **Получение и исследование жаростойкого покрытия $3Al_2O_3+2SiO_2$ полученного реактивным магнетронным напылением**

Пачковский А.В., Иванов Н.А., Ленковец А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лозован А.А.

МАИ, Москва

Современные разработки в области высокотемпературных композиционных материалов на основе как металлических так неметаллических соединений для продолжительной работы в окислительной среде, в режиме термоциклирования, требуют применения специальных жаростойких покрытий [1,2]. На данный момент разработано большое количество подобных покрытий, однако их применение ограничено, высокой разницей ТКЛР между покрытием и материалом основы.

Перспективными физико-химическими свойствами обладает соединение  $3\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$  (муллит). Оксид алюминия имеет плотную структуру, которая блокирует диффузию кислорода из рабочей среды, в которой работает материал. Оксид кремния в свою очередь выполняет функцию залечивания микротрещин, образующихся в результате термоударов. Его ТКЛР равен  $5,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ , что позволяет его применять как в КМ на основе тугоплавких металлов (Ta, W, Nb), так и в ККМ (C-SiC).

Для получения керамических пленок с высокой плотностью и хорошей адгезией используют метод дуального магнетронного распыления. Сущность синтезирования покрытия заключается в формировании плазмохимической реакции с образованием оксидов кремния и алюминия возле подложки.

Отработку режимов получения муллита проводили на модернизированной под реактивное магнетронное распыление, установке типа Н.Н.В-6.6-И1. В качестве подложки использовали пластину из Si. Для обеспечения плазмохимической реакции подавали смесь газов  $\text{Ar} + \text{O}_2$  в различном соотношении. Дуальный режим работы источников питания магнетронов, пакет мишеней из пластин низкоомного кремния и алюминия позволял нивелировать эффект затравления мишеней при подаче высокочистого кислорода в вакуумную камеру.

Варьируя параметрами магнетронов (током и напряжением и др.) получены образцы, из которых изготовлены шлифы для исследования на СЭМ. Толщина полученного слоя муллита при напылении в течении 4 часов составила от 20 до 30 мкм. Исследования микроструктуры показали, что сформированные покрытия имеют равномерную толщину, плотную, мелкозернистую структуру без пор, расслоений и трещин. МРСА показал, что увеличение концентрации кислорода в смеси газов, увеличивает его в получаемом покрытии. Максимальное количество составило 42,73 % при соотношении  $\text{Ar} : \text{O}_2 = 1/1,2$ . Рентгенофазовые исследования показали, что полученные покрытия обладают аморфной структурой. Для рекристаллизации аморфной структуры образцы дополнительно отжигались на воздухе при температуре 1300 оС в течении 1 часа, что привело к образованию орторомбической фазы муллита, кубических оксидов алюминия и кремния.

Список используемых источников:

1. Lozovan A.A., Lenkovets A.S., Sukhova T.S., Ivanov N.A. Research of the influence of bias voltage on the structure and residual stress in Ta/W coatings applied on a copper substrate by inerted magnetron // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 2144 (2021) p. 012012
2. Xiang Yang; Cao Feng; Wang Qing ZrB2-SiC as a protective coating for C/SiC composites: Effect of high temperature oxidation on thermal shock property and protection mechanism // Journal of Asian Ceramic Societies. — 2016. — С. 159–163.

## **Повышение эффективности маслоотделения агрегатов суфлирования методом прототипирования**

Полонцов С.М.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

«Газотурбинные двигатели, как авиационного, так и наземного применения, не могут поддерживать свои рабочие характеристики без масляной системы. Для предотвращения утечки масла в двигателе через уплотнения в опорах необходимо организовать перепад давления между полостями — предмасляной и масляной, соответственно. Для поддержания этого перепада давления необходимо отводить из масляной полости смесь воздуха и масла. Для уменьшения безвозвратных потерь масла используются агрегаты суфлирования.» [1] Рабочее колесо является основным компонентом, и от него зависит производительность суфлера. Поэтому выбор геометрических и кинематических параметров, исходя из условий эксплуатации ГТД, очень важен для обеспечения высокой степени очистки воздуха, выходящего из системы суфлирования.

На данный момент, в машине НК-36СТ используется приводной центробежный суфлер с колесом сотовой структуры, называемым крыльчатка. Каналы, расположенные в радиальном направлении, состоят из двух десятков волновых дисков, сваренных вместе и образующих

около 250 каналов. Эти хорошо развитые поверхности рабочего колеса обеспечивают эффективное разделение масла от воздуха, задерживая капли масла на стенках каналов.

Классические методы производства деталей и узлов весьма трудоемки, низкокачественны и часто бракуются из-за плохой воспроизводимости при повторении. Одной из технологий, позволяющих получить крыльчатку быстровозводимого типа, является технология быстрого прототипирования (3D-печать). Процесс изготовления происходит следующим образом: сначала формируется порошковый слой, для этого используют ролик или «нож», чтобы разровнять оный; затем выборочно обрабатывается металлизированный порошок в сформированном слое лазером, сплавливая его частицы согласно текущему состоянию исходной CAD-модели. Эта техника известна как SLM (Selective Laser Melting). Исходное рабочее колесо представляет собой сборку из вала, паянной крыльчатки и прижимной гайки, в то время, как новая конфигурация является цельным узлом, и в ее конструкции было сделано несколько новшеств. Прежде всего, количество каналов увеличено с 250 до 840 без изменения габаритных размеров детали, а форма поперечного сечения канала изменена с сотовой на эллипсную, что дало увеличение теоретической эффективности маслоотделения в два раза. Во-вторых, использование 3D-печати позволило применить недоступное для классических методов изготовления деталей конструктивное решение типа обтекатель, расположенный непосредственно во внутренней части колеса. При сепарации масловоздушной смеси, воздух, как более легкая фракция, в сравнении с маслом, стремится по каналам во внутреннюю часть крыльчатки к линии откачки, где формируется поток турбулентного характера. Геометрия обтекателя направлена на минимизацию турбулентности потока, что дополнительно окажет положительное влияние на эффективность системы суфлирования. Нельзя не отметить расчетное уменьшение массы в 1,4 раза и, напротив, увеличение коэффициента запаса прочности более чем в 1,5 раза. В-третьих, модифицирование тех. процесса позволяет повысить производительность и качество продукции.

В результате данного исследования было разработано более производительное рабочее колесо приводного центробежного маслоотделителя для промышленного ГТД НК-36СТ с использованием метода прототипирования для решения практической задачи повышения эффективности агрегатов суфлирования.

Список используемых источников:

1. Трянов, А. Е. Проектирование систем суфлирования масляных полостей авиационных двигателей [Текст] / А. Е. Трянов, О. А. Гришанов, С. В. Бутылкин. — Самара: Изд-во СГАУ, 2006. — 83 с.
2. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении [Текст]/ М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. — М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
3. Боровиков, А.И. Цифровое производство методы, экосистемы, технологии [Текст]/ А.И. Боровиков, Л.В. Лысенко и др. — Московская школа управления СКОЛКОВО. Москва, 2017. — 82 с.

### **Исследование образцов из титанового сплава, полученных путем селективного лазерного спекания, после обработки с помощью сверхточных импульсных электронных пучков**

Рогозин А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Быщенко О.А.

МАИ, Москва

Селективное лазерное спекание (СЛП) на сегодняшний день является наиболее востребованным методом изготовления металлических образцов и деталей с помощью аддитивных технологий. Данный метод позволяет получить детали, а подчас даже узлы практически любой геометрической формы и сложности внутреннего строения детали. Однако остаётся открытым вопрос о постобработке наружных поверхностей, а также возможности модифицирования поверхностного слоя. Данную проблему может решить

использование облучения с помощью сильнооточных импульсных электронных пучков (СИЭП) [1].

В данной работе рассматривается возможность постобработки поверхности и модифицирования поверхностных и подповерхностных слоев титановых образцов путем облучения СИЭП, полученных с помощью СЛП — технологии, в том числе и после обработки резанием (фрезерованием).

На основании анализа результатов ранее проведённых исследований и испытаний титановых образцов, полученных традиционным способом (прутковая заготовка) после облучения с помощью СИЭП были выбраны режимы облучения [1].

Наряду с металлографическим анализом методами оптической микроскопии растровой электронной микроскопии, были проведены замер шероховатости и топографический анализ поверхности образцов. Особое внимание было уделено анализу уровня остаточных напряжений I рода.

По результатам проведённых исследований сделаны следующие выводы:

1. после облучения наблюдается значительное снижения шероховатости (непосредственно после построения образцов);
2. после облучения на всех образцах, вне зависимости от наличия или отсутствия механической обработки, имеется модифицированный слой глубиной до ~ 20 мкм;
3. после облучения наблюдается ярко выраженное изменение уровня остаточных напряжений I рода, особенно у образцов, облучённых непосредственно после выращивания;
4. полученные в результате облучения кратеры на поверхности образцов относятся к называемым неопасным видам кратеров (круглые с выпуклостью в центре, круглые с вогнутостью в центре, круглые многокольцевые) и не влияют на усталостную прочность и коррозионную стойкость.

Список используемых источников:

1. А.Б. Белов, О.А. Быченко, А.В. Крайников, А.Ф.Львов, А.С. Новиков, А.Г. Пайкин, А.Д. Теряев, Д.А. Теряев, К.И. Ткаченко, В.А. Шулов, В.И. Энгелько. Сильнооточные импульсные электронные пучки для авиационного двигателестроения / под общей редакцией: д.т.н. Новикова А.С., д.ф.-м.н. Шулова В.А., и д.т.н. Энгелько В.И. М.: Дипак, 2012 — 292 с., ил.

## **Оценка влияния геометрических параметров ячеистой структуры на прочностные характеристики образцов из алюминиевого сплава**

Рослова А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Изотов В.А.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Повышение экономичности и надежности летательных аппаратов неразрывно связано с возможностью уменьшения массы конструкции при сохранении прочностных характеристик. Решение проблем в этом направлении связывают с разработкой новых видов облегченных конструкций.

Деталь из ячеистого материала — это новый элемент, обеспечивающий высокую удельную прочность конструкции в сочетании с низкой плотностью.

Актуальной задачей является разработка и получение ячеистой структуры с оптимальными геометрическими параметрами для обеспечения максимальной технологичности конструкции.

Отливки с регулируемой ячеистой структурой изготавливаются с помощью технологии прямого лазерного спекания металлического порошка, преимущества которой — обеспечение более высокой точности и пористости изделия, изготовление деталей сложной геометрии с тонкими стенками (менее 2 мм). Основной недостаток — невозможность получения монолитного изделия, ввиду чего не удастся обеспечить прочностные характеристики, соответствующие литым экземплярам и высокая стоимость.

Внедрение в производство новых гибридных технологий (аддитивные и литейные) позволяет выполнить эту задачу.

Технология заключается в создании выжигаемой пластиковой модели с помощью FDM печати и последующей заливкой гипсовой формы расплавленным металлом с помощью вакуумного всасывания с затвердеванием под давлением в специальной заливочной камере.

С помощью литья с использованием выжигаемой пластиковой модели получается материал с заданной регулируемой ячеистой структурой металлического изделия с заданной прочностью и жесткостью. Литой материал обеспечит увеличенный срок эксплуатации, повышение надежности, удельной прочности и энергетической эффективности детали. Кроме того, себестоимость продукции значительно снижается.

Исходя из полученных результатов имитационного моделирования механических испытаний [1] преимущества алюминиевого блока с шестиугольной ячеистой структурой, расположенной стороной к прикладываемой нагрузке, заключается в том, что он обладает наиболее высокой степенью ударопоглощения.

Прочность при сжатии перпендикулярно слоям является одной из фундаментальных механических свойств ячеистых материалов. После получения данных о деформациях по кривой зависимости полного усилия от деформации можно вычислять сжимающее напряжение при любом приложенном усилии (например, напряжение при сжатии на пределе упругости или прочности на сжатие при максимальном усилении).

ГОСТ Р 56816-2015 устанавливает метод определения механических характеристик при сжатии ячеистого материала (предела прочности на сжатие и модуля упругости).

Для оценки прочностных характеристик проведены испытания образцов из алюминиевого сплава AW-5052 с ячейками разного размера при температуре  $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ .

По полученным результатам экспериментальных исследований проведен дисперсионный анализ для выявления значимости влияния размера ячеек на прочностные характеристики конструкции. Кроме этого, определяется размер ячейки, при котором прочностные характеристики конструкции существенно возрастают.

Установлена закономерность, чем меньше размер ячейки, тем выше значение предела прочности при сжатии и при сдвиге материала в разных направлениях.

Для оценки прочностных характеристик образцов необходимо иметь расчетные соотношения, позволяющие, в зависимости от размера ячеек, получать необходимые результаты. При сравнении структур между собой уместно пользоваться характеристикой — удельной прочностью, которая является отношением среднего значения предела прочности ячеистой структуры одного размера к плотности испытываемого образца.

По результатам испытаний рассчитаны удельные (на единицу плотности образца) прочностные характеристики.

Анализ результатов расчета показывает, что при заданной массе конструкция из алюминиевого материала с размером ячеек  $(4,77 \pm 0,48)$  мм будет прочнее цельнолитой на 51,5 %.

В результате проведения статистической обработки экспериментальных данных установлено:

1. Зависимость прочностных характеристик материала от размера ячейки имеет обратно пропорциональный экспоненциальный характер. Чем ниже размер ячейки, тем выше значение предела прочности при сжатии и при сдвиге материала в разных направлениях.

2. В результате обработки экспериментальных данных получены показательные уравнения при плотности ячеистого алюминиевого материала 5052 от  $(25 \pm 2,5) \text{ кг/м}^3$  до  $(507 \pm 5,1) \text{ кг/м}^3$ :

- $\Sigma W = 251,18e-0,642x$  — зависимость предела прочности при сдвиге в направлении W от размера ячейки;

- $\Sigma L = 379,91e-0,621x$  — зависимость предела прочности при сдвиге в направлении L от размера ячейки;

•  $\Sigma_{\text{сж}} = 1355,7e-0,735x$  — зависимость предела прочности при сжатии от размера ячейки.

3. При размере ячейки ( $4,77 \pm 0,48$ ) мм и меньше предел прочности при сжатии и при сдвиге материала в разных направлениях существенно возрастает.

Список используемых источников:

1. Roslova A.A. Izotov V.A. Hybrid technology for manufacturing lightweight products with a cellular structure made of aluminum alloys / Journal of Physics: Conference Series, Volume 2077, 10th International Conference «Beam Technologies and Laser Applications» (BTLA 2021) 20-22 September 2021, St. Petersburg, Russia;

2. ГОСТ Р 56816-2015. Композиты полимерные. Определение механических характеристик при сжатии материала внутреннего слоя «сэндвич"-конструкций перпендикулярно к плоскости образца. — М.: Стандартинформ, 2015. — 18 с.

## **Испытания цифрового двойника коммутационного прибора систем управления стартовыми комплексами**

Рютин И.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гребенюк Е.И.

МАИ, Москва

В современном мире лидирующие позиции занимают те высокотехнологичные предприятия, которые осуществляют цифровую трансформацию производства, обеспечивая достижение принципиально нового уровня разрабатываемой и производимой продукции.

Важную роль в этом процессе играет применение передовых производственных технологий, и в первую очередь — цифрового проектирования и моделирования. Целью создания цифрового двойника является выполнение технических и тактико-технических требований к изделию, снижение себестоимости и сроков разработки опытных образцов изделия, повышение техно логичности изделия, а также повышение надежности и эффективности эксплуатации изделия.

Цель работы: в рамках цифровой подготовки производства разработать цифровой двойник коммутационного прибора систем управления стартовыми комплексами и выполнить оценку его поведения в условиях испытаний.

В работе рассмотрен коммутационный прибор системы управления стартовыми комплексами предназначенный для замыкания электрической цепи при достижении линейным ускорением в направлении оси чувствительности заданной перегрузки и сохранения в исходном состоянии разомкнутого состояния рабочего контакта во всех условиях в соответствии с требованиями. И представлены результаты механических испытаний цифрового двойника коммутационного прибора систем управления стартовыми комплексами, выполненные в среде ANSYS. На основании полученных результатов даны рекомендации по оптимизации конструкции прибора. Рассмотрены преимущества применения электронного макета при проектировании, производстве и сборке прибора.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 57700.37–2021: «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения» М. — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2021.

2. ГОСТ 2-052-2021: «ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ». — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2021.

## **Комбинирование электролитно-плазменной цементации и полирования для повышения твердости и износостойкости титана**

Сокова Е.В., Носова М.А., Маркина Л.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тамбовский И.В.  
КГУ, Кострома

Целью данного исследования является изучение влияния комбинированной электролитно-плазменной обработки, включающей анодную цементацию и анодное полирование, на характеристики поверхности и эксплуатационные свойства технического титана.

Анодной электролитно-плазменной цементации (АЭПЦ) подвергались образцы из технического титана высотой 15 мм и диаметром 11 мм. Диффузионное насыщение проводили в растворе электролита, содержащем хлорид аммония (15 % масс.) и глицерин (10 % масс.), при варьировании температуры от 800 до 900 °С в течение 5 минут. Скорость подачи электролита в системе составляла 2,5 л/мин, а его температура  $23 \pm 2$  °С. В конце процесса образцы подвергались закалке путем отключения напряжения. Полирование цементованных образцов методом электролитно-плазменного растворения проводили в водном растворе фторида аммония (4 % масс.) при 250 В в течение 1 и 3 минут. Скорость подачи электролита при этом составляла 1,0 л/мин, а его температура 90 °С, температура образцов не превышала 100 °С.

Анодная электролитно-плазменная цементация при температурах 800–900 °С позволяет сформировать твердый диффузионный слой в структуре титана толщиной до 30 мкм, микротвердость которого составляет 550–900 HV, и упрочненный подслои толщиной 70–100 мкм в результате структурно-фазовых изменений. Максимальная микротвердость выявлена в приповерхностном слое на глубине не более 5–10 мкм у образцов после цементации при 900 °С и в 3 раза превышает микротвердость необработанного материала ( $250 \pm 50$  HV). Диффузионное насыщение углеродом существенно изменяет трибологическое поведение титана VT1-0. Износостойкость деталей после модифицирования поверхности при 800 °С повышается в 3,4 раза, а максимальное снижение средней шероховатости до 0,6 мкм наблюдается у образцов после цементации при 900 °С.

Анодное электролитно-плазменное полирование благоприятно влияет на характеристики и эксплуатационные свойства цементованного титана. Обнаружено, что плазменное полирование в 4 %-ном растворе фторида аммония в течение 1 и 3 минут не снижает максимальную микротвердость диффузионного слоя, а в результате анодного растворения при обработке преимущественно растворяется наружный оксидный слой  $TiO_2$ , образовавшийся при высокотемпературном окислении в процессе цементации. Минимальная средняя шероховатость поверхности достигается после анодного полирования в течение 1 минуты у образцов, цементованных при 900 °С. В этом случае после комбинированной обработки наблюдается и минимальная интенсивность изнашивания поверхности образцов, которая снижается в 37 раз по сравнению с необработанным материалом.

Таким образом, комбинированная обработка, в частности электролитно-плазменные анодная цементация и анодное полирование, позволяет снизить среднюю шероховатость поверхности, сформировать твердый модифицированный слой и контролируемо изменять антифрикционные характеристики технического титана VT1-0.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромском государственном университету.

## **Повышение точности формы и взаимного положения функциональных поверхностей нежестких корпусных деталей сложной формы**

Траоре А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Петухов С.Л.

Московский Политех, Москва

Область авиастроения характеризуется высокой точностью используемых деталей, механизмов и машин. Развитие современной гражданской и особенно военной авиации направлено на ужесточение технических характеристик агрегатов, что обеспечивается повышением точности функциональных показателей деталей.

Надежность авиационной техники во многом определяется качеством высокооборотных роторных агрегатов, основным функциональным показателем которых является величина воздушного зазора статор-ротор, который определяется по результатам размерного анализа агрегата и обеспечивается технологическими процессами обработки и сборки. При разработке технологических процессов механической обработки наибольшая проблема заключается в минимизации отклонений формы и взаимного расположения функциональных поверхностей деталей. Анализ априорной информации показал, что разработка, исследование и внедрение управляемой технологической оснастки для обработки тонкостенных корпусных деталей сложной формы является актуальной задачей.

Объект исследования — нежесткая корпусная деталь сложной формы — крышка генератора переменного тока, функциональными поверхностями которой являются отверстия под подшипник и статор, к форме и взаимному положению которых предъявляются жесткие требования. Наружная поверхность корпуса представляет собой сочетание сложных пространственных форм. Деталь характеризуется невысокой по углу поворота жесткостью, что существенно осложняет базирование и закрепление на операциях формирования ее функциональных поверхностей, приводит к неравномерной деформации и является причиной высокой погрешности формы обрабатываемых отверстий.

Эффективным путем минимизации исходной погрешности формы при финишной обработке является обеспечение оптимального усилия зажима в точках контакта зажимных элементов приспособления с деталью.

Конечно-элементный анализ и математическое моделирование системы для реализации управляющих воздействий разработанного приспособления выполнено на базе программного обеспечения FEA в CAE и позволяет определить оптимальное усилия прижима для каждого зажимного элемента и обеспечить направленную деформацию детали при закреплении.

В работе предложена схема, конструктивное решение и алгоритм работы разработанного приспособления. Закрепление детали в приспособлении предполагает направленное силовое воздействие зажимных элементов на основе информации о ее радиальной жесткости по углу поворота, что позволяет сформировать схему сил закрепления, обеспечивающих минимизацию исходной погрешности формы при обработке. Управляемые воздействия создаются рабочим контуром и стабилизируются контрольно-диагностической системой. Выполненные экспериментальные исследования позволили рекомендовать диапазон регулируемых силовых воздействий на систему, обеспечивающих предварительную деформацию детали, что позволяет повысить точность обработки.

Таким образом в работе рассмотрена и экспериментально исследована управляемая система предварительной коррекции исходной погрешности формы на этапе финишной обработки соосных отверстий нежестких корпусных деталей сложной формы, что позволяет существенно повысить точность формы и взаимного положения функциональных поверхностей прецизионных деталей в условиях серийного производства.

Список используемых источников:

1. Копылов Л.В., Петухов С.Л., Бухтеева И.В., Феофанов А.Н. Повышение точности обеспечения функционального показателя роторных агрегатов // *Технология машиностроения*. 2015. №3(153). с. 34-35.
2. Zhao B., Zhang Y., Wang Y., Zhao B. (2017). The stability analysis of separated feed ultrasonic milling. *Journal of Vibroengineering*. 2017, vol. 19(2), pp. 1062-1073

## **Перспективные методы обработки каналов малого диаметра деталей жидкостного ракетного двигателя**

Устинов К.А.

Научный руководитель — к.т.н. Широкожухова А.А.

АО КБХА, Воронеж

В современной конструкции жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и авиационных двигателей (АД) применяются детали, в которых число выполняемых каналов и отверстий достигает десятков и тысяч. С учетом конструктивных особенностей данных деталей и специфики их работы в летательных аппаратах при воздействии вибрации, температуры, импульсных нагрузок и других факторов, а также из-за высоких требований к качеству поверхности и точности выполненных проходных каналов, применение механической обработки для прошивки большого количества отверстий диаметром менее 1 мм нецелесообразно из-за низкой стойкости инструмента, высокой трудоемкости выполнения операции, нестабильности результатов операции.

Основным способом повышения ресурса и надежности АД и ЖРД является совершенствование технологий, где определяющее влияние на результаты функционирования изделия оказывает внедрение перспективных методов обработки. Для деталей и сборочных единиц ЖРД характерно применение высокопрочных труднообрабатываемых материалов, что усложняет процесс получения каналов малого диаметра с учетом высоких требований к качеству поверхности и точности. Для получения отверстий малого диаметра используют различные методы обработки.

Одним из способов получения отверстий и каналов малого диаметра являются лучевые методы обработки отверстий.

Электронно-лучевая обработка (ЭЛО) имеет высокую производительность и точность по шагу отверстий, а также обеспечивает минимальную перемотку. Но при этом обладает недостатками: непостоянный радиус скругления, появление грата, оплавление кромки отверстий.

Однако при использовании лучевой обработки отверстий можно получить только круглое сечение и исключительно прямую ось. С увеличением толщины заготовки при формировании отверстия требуется несколько импульсов, что вызывает появление грата в зоне обработки. ЭЛО выполняется в вакууме, что увеличивает цикл изготовления детали.

В отличие от ЭЛО, лазерная обработка (ЛО) не требует жесткого позиционирования обрабатываемой детали т. к. при работе можно управлять лучом, соответственно нет необходимости перемещать заготовку.

Электрохимические и электрофизические методы обработки отверстий широко распространены в машиностроении и позволяют получать отверстия любой формы с высокой степенью точности и стабильности размеров каналов по глубине, а также качественной поверхностью. Чтобы оптимизировать процесс массовыноса продуктов обработки применяют вибрацию, ультразвуковые колебания и систематический вывод электрода-инструмента (ЭИ) из рабочей зоны.

Данные методы менее производительные по сравнению с лучевыми методами обработки, однако при обработке тонкостенных заготовок толщиной менее 0,5 мм, открывается возможность эффективного применения комбинированной многоэлектродной обработки. Данный способ включает прошивку отверстий в детали при подаче жидкой рабочей среды в межэлектродный зазор с непрерывным анодным растворением припуска, которое осуществляется с помощью ЭИ, количество которых соответствует количеству прошиваемых отверстий [2]. Использование многоэлектродной прошивки толстостенных заготовок не получило широкого применения из-за низкой производительности при прошивке отверстий с толщиной стенки от 1 до 2 мм у сталей и до 3 мм — у бронзы. Однако исследования показали, что комбинированная многоэлектродная прошивка позволяет одновременно выполнять до 500 отверстий в листовом материале толщиной менее 0,4-0,5 мм. При этом значительно расширяются технологические возможности процесса, и он становится конкурентоспособным при обработке технологичности.

Переход на изготовление сборки из тонких листов может оказаться обоснованным при использовании высокоскоростной точной электрохимикоиндуктивной обработки с дополнительным анодом, которая дает возможность одновременного получения любого количества отверстий любого сечения, управляемое изменение угла между осью отверстия и поверхностью заготовки, отсутствие грата, возможность скругления кромок, получения минимальной ширины перемычки, гарантировать, отсутствие заусенцев, высокую точность по шагу и геометрии отверстий. К недостаткам следует отнести: ограничения по толщине слоев, необходимость создания нового оборудования и средств технологического оснащения, сложность токоподвода к дополнительному аноду, необходимость удаления шаблонов после прошивки отверстий.

#### Заключение

При изготовлении рассматриваемых деталей наиболее освоенными в авиакосмическом машиностроении технологическими методами получения отверстий являются лучевые методы и групповая эрозионно-химическая прошивка каналов комбинированным методом. Исследование перспективных методов обработки выполняется в направлении использования электрохимической размерной обработки с управляемым электромагнитным полем по шаблонам.

#### Список используемых источников:

1. Смоленцев Е.В. Проектирование электрических и комбинированных методов обработки.; М. Машиностроение; — Москва, 2005. — 511 с
2. Патент 2724212. Способ комбинированной многоэлектродной электрохимической и эрозионно-химической прошивки глубоких отверстий малого сечения в металлической детали и устройство для его осуществления / А.А. Широкожухова, В.П. Смоленцев, С.В. Сафонов, О.В. Скрыгин.

### **Исследование современных возможностей, преимуществ и недостатков в разработке элементов конструкций посредством непланарной системы 3D печати**

Шалыгин К.В.

Научный руководитель — Харитоненков А.И.

МАИ, Москва

На современном уровне развития технологии 3D печати, также ее еще называют аддитивное производство, появлялся новые методы создания объектов. Непланарная система печати является одной из них. Сейчас технология находится на начальных этапах, но уже является перспективной.

Нынешняя печать представляет разбиение элементов конструкции модели на плоскости и в последствии их послойному созданию, то есть сопло перемещается в двух плоскостях. Основной особенностью новой технологии относительно старой является перемещение сопла для печати сразу в трех измерениях.

Очевидно, непланарная 3D печать имеет как свои плюсы, так и минусы. К преимуществу можно отнести более гладкие поверхности у завершенных моделях, что улучшает ее аэродинамику, что идеально подходит к конструкциям чувствительным к воздуху. Фактически, неплоская 3D-печать изначально была разработана для улучшения печати более сложных изделий, таких как вогнутые объекты и плоские крылья. Этот тип печати также приводит к получению более прочных объектов, так как слои наплавливаются в разных плоскостях, тогда как при классической печати по одной из плоскостей идет куча швов, что делает конструкцию уязвимой к поломкам.

В свою очередь, технология появилась недавно из чего и следуют ее минусы. Большинство 3D принтеров не смогут поддерживать этот метод печати из-за конструкционных характеристик. Например, отсутствие возможности вращения сопла сразу в трех плоскостях, что очень сложно и дорого реализовать для массового производства.

Подводя итог, непланарная 3D печать является перспективной технологией. В будущем она может занять свою нишу в сфере аддитивного производства, но на данный момент еще находится на ранних стадиях развития.

Список используемых источников:

1. Non-Planar 3D Printing Explained in Simple Terms // For 3D Print URL: <https://43dprint.org/non-planar-3d-printing/> (дата обращения: 28.02.2023).

2. 3D PRINTING: NON-PLANAR LAYER FDM // HACKADAY URL: <https://hackaday.com/2016/07/27/3d-printing-non-planar-layer-fdm/> (дата обращения: 28.02.2023).

## **Применение вспенивающихся материалов при изготовлении конструкций ЛА с помощью аддитивной технологии послойного наплавления**

Шалынков С.А., Петропавловский О.И.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Морозов В.В.

ТулГУ, Тула

С каждым днем все актуальнее становится проблема применения беспилотных летательных аппаратов в различных сферах жизни. Очень часто к массе ЛА предъявляются особенно строгие требования. Как правило, чем меньше масса конструкции, тем больше полезной нагрузки мы можем разместить на борту. Порой при уменьшении веса беспилотника стоимость изготовления резко возрастает, что обычно является основополагающим фактором при разработке ЛА и выборе тех или иных технических решений.

Аддитивные технологии в последние годы набирают популярность не только среди ученых и исследователей, но и среди школьников, студентов и просто энтузиастов за счет малой стоимости оборудования и огромного выбора расходных материалов.

В данной работе рассматривается принцип изготовления конструктивных элементов крыла и фюзеляжа с помощью аддитивной технологии послойного наплавления на многоэкструдерных 3D принтерах.

Основной принцип рассматриваемого подхода заключается в комбинировании вспенивающихся материалов с конструкционными пластиками, обладающими достаточной прочностью и жесткостью для обеспечения работоспособности изделия. Одним из вариантов такого совмещения материалов является использование вспенивающегося PLA пластика для изготовления оболочки с модифицированным PLA, обладающим повышенной жесткостью и теплостойкостью (до 75 градусов по Цельсию), для силовой конструкции.

Для упрощения реализации данного подхода необходимо на этапе разработки детали или конструкции оболочки и силовые элементы задать отдельными телами, чтобы при подготовке к печати можно было без лишних операций выбрать нужный инструмент для каждого элемента многоматериальной детали. Вспенивающийся пластик обладает плотностью в 2 раза меньше, чем классический PLA. Таким образом, масса оболочки уменьшится без потери прочности и жесткости благодаря определенному «скелету» из другого материала, обладающего большей прочностью.

Силовая конструкция может представлять собой сетку толщиной от 1 мм, выдавленную на внутренней поверхности фюзеляжа, крыла или любого другого элемента планера ЛА. При изготовлении деталей с большой площадью заполнения, не испытывающих серьезных нагрузок, целесообразнее внутреннюю структуру выполнить из материала с малой плотностью, а снаружи в несколько стенок использовать пластик с требуемыми свойствами. Основным условием является применение термопластов с хорошей адгезией друг к другу. К сожалению, прочность вспенивающихся пластиков, доступных на рынке, в несколько раз ниже классического варианта, поэтому в данный момент невозможно всю конструкцию произвести из одного вида филамента.

Наука не стоит на месте и все чаще появляются вспенивающиеся материалы, обладающие более высокими прочностными характеристиками и теплостойкостью, также

практикуется введение мелкорубленного стекло- или углеволокна с состав филамента, что повышает применимость данной технологии в конструкции малогабаритных ЛА.

Таким образом, рассмотренный нами способ производства конструкций БПЛА имеет массу преимуществ, в том числе низкую стоимость, относительную простоту, малую массу по сравнению с одноматериальным способом изготовления.

Список используемых источников:

1. Чумаков Д.М. Перспективы использования аддитивных технологий при создании авиационной и ракетно-космической техники // Труды МАИ. 2014. № 78. С. 31.
2. Гибсон Я. Технологии аддитивного производства Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. — Москва: Гостехиздат, 2016. — 296 с.

## **Резистор поверхностного монтажа на основе тонкоплёночных структур с температурной самокомпенсацией**

Шепелева А.Э., Новичков М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гурин С.А.

АО «НИИЭМП», Пенза

В связи с повышением требований к радиоэлектронной аппаратуре и прежде всего таких, как снижение массогабаритных размеров, потребляемой мощности, повышение точности с одновременным увеличением требований к воздействующим факторам в особенности температуры, совершенствование конструктивно-технологических решений тонкоплёночных резисторов является актуальной задачей [1].

Температура является основным дестабилизирующим фактором, вследствие чего несоответствие характеристик тонкоплёночных резисторов касается именно термоустойчивости. Температурные погрешности составляют 60 % и выше общей дополнительной погрешности от всех воздействующих условий в процессе эксплуатации [2]. К тому же температура приводит к процессам деградации, развивающимся в тонких пленках, нарушающих их структуру и фазовый состав [3].

Благодаря технологическому прорыву в области синтеза тонких пленок и фотолитографии стало возможным формирование структур с внедрением дополнительных компенсационных слоёв тонких плёнок в конструкцию резистора.

В настоящей работе представлен вариант конструкции тонкоплёночных чип резисторов на основе металлосилицидного сплава, имеющего в своём составе последовательно подключенный компенсационный участок с противоположным знаком ТКС. Удаление материала плёночного элемента лучом лазера в таком резисторе приводит к изменению соотношения сопротивления между этими участками, а как следствие и изменению отклонения при температуре, таким образом предоставляя возможность подгонки ТКС резистора, в том числе к нулю.

Комбинированные ТПР получали последовательным напылением кермета К-30С и Ni с удельным поверхностным сопротивлением 200 Ом/кв. и 1 Ом/кв. соответственно, на установке УВН-71ПЗ в едином технологическом цикле с последующим получением рисунка ТР методом фотолитографии.

Анализ электрофизических параметров опытной партии показал возможность достижения тонкоплёночными резисторами значений ТКС не превышающих  $\pm 5 \cdot 10^{-7}$  в диапазоне температур от 60°C до 125°C.

Список используемых источников:

1. Недорезов, В. Г. Резисторы как элементы пассивной электроники / В. Г. Недорезов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». — 2014. — Т. 1. — С. 35-45.
2. Лугин А.Н. Конструкторско-технологические основы проектирования тонкоплёночных прецизионных резисторов // 2008. — 172с.
3. Влияние переходных процессов в тонкоплёночной гетероструктуре на надежность чувствительных элементов тензорезисторных датчиков давления / И. А. Аверин, И. В. Волохов, Е. А. Мокров, Р. М. Печерская // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2008. — № 2(6). — С. 123-127

## **Моделирование процесса усадки композитной оснастки на основе термопластической матрицы, изготовленной методом 3D-печати, с учётом анизотропии свойств**

Савинов Д.В., Пузырецкий Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шабалин Л.П.

КНИТУ-КАИ, Казань

Построение цифровых двойников и моделирование технологических процессов — важный этап конструирования изделий из композитных материалов [1,2]. Данный этап обеспечивает возможность прогнозирования и оптимизации параметров технологического процесса, а также повышает точность изготавливаемой детали. Благодаря возможности проведения многократных виртуальных испытаний уменьшается время и стоимость разработки изделия, за счет уменьшения количества натуральных испытаний и отработки [3].

Трёхмерная (3D) печать, также известная как аддитивное производство, может использоваться для печати различных металлических, полимерных и композитных деталей со сложной геометрией при минимизации технологических отходов. Основные рабочие процедуры создания изделия с использованием технологии 3D-печати одинаковы для всех существующих модификаций и состоят из нескольких основных этапов, а именно: создание 3D-модели, разбиение её на слои, печать и последующая механическая обработка.

Качество изготавливаемой технологической оснастки, а именно: точность формообразующих поверхностей, минимизация влияния оснастки на технологический процесс, удобство извлечения композитной заготовки детали с оснастки, определяет качество конечного изделия. По этой причине важно прогнозировать изменения формы получаемой оснастки, изготовленной методом 3D печати, с последующим их учетом при проектировании геометрии и назначении технологических припусков и режимов/траекторий механической обработки.

Основной особенностью расчета процессов изготовления является технологическая наследственность этапов. Эта особенность подразумевает перенос результатов расчёта из одного технологического этапа на другой. В представленной работе рассматриваются следующие этапы технологического процесса изготовления оснастки:

- Расчет послыонной 3D печати заготовки оснастки наполненным композитным материалом с использованием роботизированного комплекса;
- Моделирование усадки и остаточных напряжений с учетом анизотропии свойств.

В результате получена расчетная методика, позволяющая прогнозировать и оптимизировать параметры процессов 3D печати композитной оснастки с учетом анизотропии свойств.

Список используемых источников:

1. Шабалин Л.П., Савинов Д.В., Пузырецкий Е.А., Марескин И.В. Разработка методики расчёта напряжённо-деформированного состояния, оптимизации и экспериментального исследования гибридной конструкции композит-металлической лопасти тягового винта. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника №2, 2022. С. 35-42.
2. Шабалин Л.П., Батраков В.В., Халиулин В.И., Пузырецкий Е.А. Расчет процессов 3D печати композитной оснастки и трансферного формования сетчатых конструкций. Механика деформируемого твердого тела в проектировании конструкций. Программа и тезисы докладов ЛФИЦ УрО РАН. Пермь, 2022.

## **Секция №8.2 Металловедение и технологии металлургического производства**

---

### **Литье по выжигаемым моделям изделий ответственного назначения с использованием 3D печати**

Алексеев И.Е., Закарева К.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Варфоломеев М.С.

МАИ, Москва

Литьё по выжигаемым (выплаваемым) моделям (ЛВМ) позволяет изготавливать изделия ответственного назначения из различных сплавов. Благодаря данному методу литья возможно создавать производственные конструкции сложной и тонкостенной конфигурации, а также отливки как малого, так и крупного размера.

Использование 3D печати для изготовления выжигаемых моделей является лучшим вариантом, потому что главным преимуществом этой технологии считается скорость создания и номенклатура доступных моделей.

Огромное значение для данного способа литья имеет начальная модель детали. Существует множество материалов, которые используют, для печати моделей на 3D принтере, однако не каждый из них подходит для ЛВМ.

Полилактид (ПЛА) — биоразлагаемый и термопластичный материал на основе молочной кислоты. Сырьем для него служат ежегодно возобновляемые ресурсы, такие как кукуруза и сахарный тростник. ПЛА используют для производства изделий с коротким сроком службы, например, пакеты, одноразовая посуда или другая тара.

Полилактид изготавливается из натурального сырья, поэтому принадлежит к узкой группе биоразлагаемых полимеров. Во время печати или выжигания его из формы сплав почти не выделяет токсичных испарений, что воспринимается исключительно положительно при использовании его на производстве. Кроме того, состав сравнительно легко утилизируется.

Основная ценность ПЛА для ЛВМ заключается в том, что при выжигании его зольность составляет менее 1%, следовательно, его использование в данном методе литья приводит к высокому качеству отливки.

Результаты литья художественных изделий с применением моделей из ПЛА оказались успешными, однако следует изучить применение данного способа для деталей, применяемых в авиации и космонавтике.

Задачей этой исследовательской работы является изготовление изделия ответственного назначения — центробежного компрессора малоразмерного газотурбинного двигателя — методом ЛВМ с использованием ПЛА в 3D печати. Определение точности изготовления и возможности использовать его в производстве как наиболее эффективный способ в сравнении с остальными.

В настоящее время продолжается проведение исследований по улучшению качества отливок литья по выжигаемым моделям с использованием полилактида как материала для моделей, распечатанных на 3D принтере.

Список используемых источников:

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении, Учебное пособие. — Санкт-Петербург, СПбГУ, 2013. -75-114 с.
2. Зленко М.А. Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении // пособие для инженеров. М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с
3. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. М. : Машиностроение, 1979. 728 с.
4. Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Технологии и материалы 3D-печати : учеб. пособие. Екатеринбург :Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 101 с.

## **Формирование температурных полей в полуфабрикатах никелида титана при их локальной термической обработке**

Алсаева О.С., Снегирёв А.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллеров М.Ю.  
МАИ, Москва

Сплавы системы Ti-Ni известны своим комплексом функциональных свойств, обусловленных эффектом памяти формы (ЭПФ). Они находят применение в качестве элементов исполнительных устройств, термодатчиков, но преимущественно в медицине. В некоторых видах функциональных конструкций необходимо одновременное сочетание различных свойств материала: например, однократного ЭПФ и сверхупругости для обеспечения требуемых характеристик работоспособности. Создание такого градиента свойств в сплавах на основе никелида титана возможно за счет формирования неоднородной структуры полуфабриката при локальной термической обработке. Поэтому целью данной работы является исследование формирования температурных полей в процессе локальной термической обработки и их влияние на сочетание свойств ЭПФ сплава на основе никелида титана.

Был проведен теоретический расчет времени полного стационарного нагрева образца из никелида титана до температуры 430 °С, при которой происходит наиболее интенсивный процесс выделения богатых никелем интерметаллидов и повышение температур мартенситного превращения материала. Также были проведены расчеты для одностороннего нагрева с отводом тепла с другого конца образца, по результатам которого было определено изменение градиента температур по длине образца от времени нагрева.

Экспериментально с помощью термопар зачеканенных в образцы толщиной 2 мм и длиной 180 мм из сплава Ti-57,5%Ni, по массе определяли температурные поля при равномерном и одностороннем нагреве в муфельной лабораторной печи была определена адекватность расчетов методом конечных элементов в программном пакете «Pro Cast».

Построены графики распределения температур в зависимости от времени нагрева по длине образцов, которые могут быть использованы для выбора условий и режимов локальной термической обработки для создания градиента свойств в полуфабрикатах из сплава на основе никелида титана.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания вузам № FSFF-2023-0004 с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно — космические материалы и технологии» МАИ.

## **Технологические особенности сварки бака высокого давления из высокопрочной стали перлитного класса**

Арсёнов А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.  
МАИ; АО «НЦВ Миль и Камов», Москва

Применяемые в авиакосмической отрасли баки высокого давления могут представлять из себя конструкцию сферической или цилиндрической формы. Такие емкости являются сборной единицей и состоят из обечайки, двух днищ и штуцера, соединяемых продольным, двумя кольцевыми и одним круговым сварными швами. Топливные отсеки нагружаются внутренним избыточным давлением, а также на них воздействуют сжимающие, изгибающие и крутящие нагрузки, поскольку они являются частью силовой схемы корпуса летательного аппарата.

В настоящее время для изготовления баков, в зависимости от требований к ним, применяются легированные стали, алюминиевые сплавы, а также титановые и никелевые сплавы. Для изготовления изделия выбрана конструкционная высокопрочная сталь марки 25XCHVФА. Данная сталь характеризуется высокими прочностными свойствами в сочетании с достаточными пластическими свойствами.

При анализе свариваемости стали 25ХСНВФА выявлено, что она склонна к образованию холодных и, в меньшей степени, горячих трещин, в металле шва. Это особенно выявляется при обеспечении равнопрочности сварного соединения с основным металлом.

Содержание углерода в металле шва ограничено до 0,23%, поскольку его присутствие влияет на чувствительность стали к образованию горячих трещин в металле шва. Исходя из этого было принято решение применить низкоуглеродистую проволоку Св-12ХСНВФА.

Поскольку особую опасность при сварке представляют холодные трещины, то для предотвращения их образования, а также снижения потери прочностных свойств в зоне разупрочнения были использованы режимы, характеризующиеся малой величиной погонной энергии в сочетании с подогревом. Сварка производится в один проход без разделки кромок, поскольку конструкция тонкостенная. Также, для повышения прочности сварного соединения и уменьшения проплава сварного шва при сварке на весу на корневую поверхность наносится суспензия флюса.

Рекомендуется производить сварку неплавящимся электродом при импульсном питании дуги на переменном токе в среде инертного газа, используя источник питания Tetrix 451 AC/DC AW FW. После сварки рекомендуется локальная термообработка сварных швов.

Список используемых источников:

1. Волченко В.Н. — Сварка и свариваемые материалы т. 1 1991 г.
2. Никифоров Г.Д. — Технология и оборудование сварки плавлением — 1986 г.
3. Волченко В.Н. — Сварка и свариваемые материалы т. 2 1991 г.
4. Караховский Н.И. — Электродуговая сварка сталей. Справочник — 1975 г.
5. М. В. Баранов — Сосуды давления для космических аппаратов — 2012 г.

## **Математическое моделирование процесса гибки алюминиевого профиля двутаврового сечения на трехвалковой машине**

Батгалов Т.Х.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галкин В.И.  
МАИ, Москва

В авиационной промышленности стремление к уменьшению веса конструкции с сохранением его прочности и жесткости является ключевой задачей. Силовые элементы фюзеляжа самолета, такие как стрингеры, лонжероны и шпангоуты должны обладать малой массой и быть достаточно прочными. На этапе опытного производства основным способом изготовления деталей типа шпангоут для гражданских самолетов является фрезерная обработка на ЧПУ станках. Детали, полученные этими способами имеют невысокие механические свойства за счет нарушения деформированной структуры и небольшой КИМ ( $\approx 14,3\%$ ). Замена обработки резаньем процессами обработки металлов давлением (ОМД) при переходе к серийному производству позволит устранить эти недостатки. Одним из способов получения изогнутых шпангоутов методами ОМД является гибка на трехвалковой машине.

Одной из основных проблем при гибке деталей двутаврового сечения является потеря устойчивости полок и стенки. Потеря устойчивости происходит из-за превышения критического напряжения, связывающего равенство энергий, необходимого для сжатия и продольного изгиба элемента. При потере устойчивости полки или стенки, профиль деформируется и не подлежит правке.

В связи с этим, для предотвращения данного явления предложен способ [1], при котором в межполочном пространстве размещается набор тонких стальных полос, играющих роль технологического подпора. Полосы, поверхность которых покрыта смазкой, в процессе гибки смещаются друг относительно друга в тангенциальном направлении. Поэтому технологический подпор деформируется не как монолитное тело. Его деформация разбивается на ряд совмещенных процессов гибки тонких полос. Это позволяет избежать в них появления высоких напряжений и соответственно пластических деформаций. Предотвращение пластических деформации позволяет использовать стальные полосы многократно.

Данная работа посвящена математическому моделированию процесса гибки профиля на трехвалковой машине. В работе исследуется влияние таких параметров как толщина стальных полос и межвалковое расстояние. В качестве заготовки используется профиль двутаврового сечения из алюминиевого сплава АД31, межполочное пространство которого заполнено полосами из стали 12Х18Н10Т. Построенная конечно-элементная модель позволила измерить уровень напряженно-деформированного состояния в профиле и в стальных полосах.

В ходе работ установлено, что максимальное влияние на значение деформаций в полосах оказывает их толщина. В рабочей зоне пластические деформации в полосах отсутствуют или незначительны ( $1,82 \cdot 10^{-4}$  мм/мм). Максимальные напряжения, возникающие в полосах при толщине 1; 0,75 и 0,5 мм для стационарного процесса равны соответственно 115 МПа; 110 МПа; 117 МПа и во всех случаях ниже предела текучести для 12Х18Н10Т (205 МПа). Влияние межвалкового расстояния неоднозначно. С одной стороны, его уменьшение ведет к уменьшению непрокатанных участков, то есть к увеличению выхода годного, а с другой, к более высоким напряжениям в полосах.

Необходимой кривизны ( $R=470$  мм) удалось достичь при комбинировании различных параметров. При межвалковом расстоянии 262 мм за 4 прохода, с суммарным обжатием 24 мм. При межвалковом расстоянии 182 мм за 5 проходов с обжатием 10 мм.

Список используемых источников:

1. В.И. Галкин, А.Р. Палтиевич, Е.В. Галкин, Е.В. Преображенский, Т.И. Захарова; К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА СЕГМЕНТ ШПАНГОУТА, «Технология легких сплавов» №1, 2021. с. 60-67.

## **Исследование влияния добавки Si на жаростойкость атомно-слоистой керамики на основе МАВ-фазы MoAlB**

Башкиров Е.А., Потанин А.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Потанин А.Ю.  
НИТУ МИСиС, Москва

Разработка материалов, пригодных для эксплуатации в окислительных условиях при высокой температуре, является актуальной задачей материаловедения. Бориды переходных металлов обладают высокой температурой плавления, химической стабильностью и твердостью, однако низкая вязкость разрушения и жаростойкость ограничивают их применение [1].

Бинарные бориды в сочетании с алюминием способны образовывать фазы, состоящие из боридных блоков, разделенных одним или двумя слоями металла [2]. Подобные атомно-слоистые структуры получили названия МАВ-фазы. Наиболее изученным представителем семейства МАВ-фаз является MoAlB. Несмотря на то, что нанослоистый MoAlB обладает хорошей теплопроводностью, высокой стойкостью к окислению и трещиностойкостью [3], в настоящее время ведутся исследования, направленные на улучшение жаростойкости и механических свойств тройного борида. Одним из перспективных способов повышения свойств молибденсодержащий МАВ-фазы может быть легирование кремнием, который способен замещать атомы Al и образовывать твердые раствор, улучшая механические свойства.

Целью данной работы было получение нанослоистой МАВ-фазы Mo(Al,Si)B сочетанием технологий самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и горячего прессования (ГП) и изучение влияния микродобавок Si на микроструктуру и жаростойкость компактных образцов керамики.

В качестве исходных материалов использовались порошки: молибдена ПМ-99,95 (2–10 мкм), алюминия ПА-4 (20–200 мкм), бора аморфного черного Б-99А (0,2 мкм) и кремния, полученного размолом монокристаллов марки КЭФ-4.5 (< 63 мкм). Навески порошков приготавливались из расчета образования в процессе синтеза керамики состава Mo(Al<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>)B, при  $x = 0, 0,01, 0,03$  и  $0,05$ . Вследствие частичного окисления алюминия в

процессе восстановления оксидов и взаимодействия с адсорбированным кислородом для обеспечения стехиометрического соотношения элементов алюминий вводился с избытком 4,5 масс.%. Смешивание проводилось в шаровой вращающейся мельницы в среде аргона в течение 5 ч, после чего смеси прессовались в цилиндрические брикеты диаметром 20 мм и относительной плотностью 55 %. Синтез проводился в реакторе постоянного давления в среде аргона. Процесс СВС инициировался локально со стороны верхнего торца пористого брикета с помощью резистивного нагрева вольфрамовой спирали. После синтеза продукты охлаждались до комнатной температуры в реакторе и далее измельчались в барабане с твердосплавными футеровкой и шарами в течение 6 ч. Консолидирование СВС-порошка проводилось методом ГП на прессе DSP-515 SA («Dr. Fritsch Sondermaschinen GmbH», Германия) в вакууме при температуре 1250 °С и давлении 30 МПа. Исследование жаростойкости полученной керамики проводилось в муфельных печах в среде воздуха при температуре 1200 °С в течение 30 ч.

Плотность компактной керамики определялась с помощью гелиевого пикнометра AccuPyc 1340 (Micromeritics, США) и гидростатического взвешивания на весах AND1 GR-202 (A&D, Япония). Рентгеноструктурный фазовый анализ (РФА) проводился на дифрактометре ДРОН-4 с Cu-K $\alpha$  излучением в интервале углов  $2\Theta = 10\text{--}100^\circ$  с шагом  $0,1^\circ$  и экспозиции 3 с. Микроструктура образцов исследовалась на шлифах и изломах на электронном микроскопе («S-3400N») фирмы Hitachi.

Компактные образцы после горячего прессования образцы обладали плотностью 96,5-98,5 %. По результатам РФА было установлено, что в образце, не легированном кремнием, примесной фазой является Mo<sub>3</sub>Al<sub>8</sub>. При добавлении кремния происходит исчезновение интерметаллидной фазы и формирование кремнийсодержащей фазы Mo(Al,Si), содержание которой в образцах с добавкой кремния  $x=0,03$  и  $0,05$  достигает соответственно 1,8 и 3,2 %. Анализ микроструктуры образцов выявил наличие во всех образцах дисперсных частиц Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В нелегированном образце были обнаружены дисперсные выделения MoB, размером менее 1 мкм. При добавлении кремния размер зерен MoAlB оставался неизменным и составлял 5-10 мкм. Фаза Mo(Al,Si) выделяется преимущественно по границам зерен MAB-фазы.

После 30 ч окислительного отжига наименьшим удельным привесом обладали образцы с наибольшим содержанием Si. Окисленный слой всех образцов состоял из столбчатых зерен оксида алюминия, ориентированных по направлению роста покрытия. Наибольшей толщиной (14 мкм) обладал нелегированный образец, а для образца с наибольшим содержанием кремния средняя толщина слоя составила примерно 4,5 мкм.

Обобщая результаты работы, можно сделать вывод, что перспективные атомно-слоистые материалы с высоким содержанием MAB-фазы MoAlB могут быть успешно получены сочетанием технологий СВС и ГП. Легирование MoAlB небольшим количеством кремния способно существенно увеличить сопротивление высокотемпературному окислению, однако из-за образования примесной фазы Mo(Al,Si), способной негативно сказаться на механических свойствах, авторы работы считают оптимальным составом Mo(Al<sub>0,97</sub>Si<sub>0,03</sub>)B.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 21-79-10103.

Список используемых источников:

1. Golla BR, Mukhopadhyay A, Basu B, ThimmappaSK. Review on ultra-high temperature boride ceramics. Progress in Materials Science. 2020; 111:100651. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2020.100651>
2. KotaS, Sokol M, Barsoum M.W. A progress report on the MAB phases: atomically laminated, ternary transition metal borides. International Materials Reviews. 2020; 65(4): 226-255. <https://doi.org/10.1080/09506608.2019.1637090>
3. Jian Y, Qi H, Zhang J, Kong H, Huang Z, Xing J. Effects of trace Si addition on the microstructure evolution and mechanical properties of MoAlB ceramic. Journal of Alloys and Compounds. 2023; 941:168873. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.168873>

## **«Способ борьбы с горячими трещинами в отливках из алюминиевых сплавов в разовых формах»**

Гришков Ф.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Смыков А.Ф.

МАИ, Москва

Литые изделия из алюминиевых сплавов достаточно широко используются в различных элементах и узлах авиатехники. Однако при получении литых заготовок из данных сплавов в них зачастую возникают дефекты усадочного происхождения, в том числе горячие трещины, что является недопустимым. Разработка технологических средств для борьбы с горячими трещинами в отливках из разных сплавов, получаемых в разовых, в том числе песчано-глинистых, формах, остается актуальной и в настоящее время. В качестве одной из мер, предотвращения таких дефектов при формировании литых заготовок, предлагается использовать специальное рельефное покрытие внутренней поверхности формы на основе определенных фракций и составов песков. Такой подход успешно опробован на стальных отливках ответственного назначения в песчано-глиняных формах.

В этой связи проведены экспериментальные исследования по стандартной методике на основе кольцевой пробы, которые подтвердили возможность увеличения противодействию горячеломкости алюминиевых сплавов при их затрудненной усадке в период затвердевания. Для проведения экспериментов применялся широкоинтервальный модельный сплав системы Al-Cu (5%Cu). Расплав готовился в трехмарочном тигле в электрической печи сопротивления. В качестве исходных материалов использовались кварцевый, корундовый и хромитовый пески фракции 0,2, которые наносились на специальные вставки. В результате экспериментальные исследования подтвердили положительную динамику противодействия покрытий образованию горячих трещин на «слабых» участках отливки. Наибольший эффект достигнут при применении хромитового покрытия. На участках отливки с покрытием и без были вырезаны образцы для сравнения макро- и микроструктур, а также их твердости. Проведенный анализ не установил значительных отличий между ними, хотя для стальных отливок зафиксировано наличие упрочняющего приграничного слоя. Следовательно, основной причиной в данном случае является перераспределение (рассредоточение) растягивающих напряжений на участке затвердевающей отливки с функциональным покрытием формы.

## **Анализ технологического процесса изготовления отливки «Рама» из сплава АК7пч**

Журавлёв А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Моисеев В.С.

МАИ, Москва

В работе была поставлена задача разработки и анализа технологического процесса изготовления отливки «Рама» из сплава АК7пч.

Учитывая, что данная отливка имеет сложную геометрию и может быть отнесена к 5-ой группе сложности, а также не является крупносерийной, было принято решение изготавливать ее в разовые песчано-смоляные формы. В качестве связующего выбрана смола «ФС-06», обеспечивающая Резол-СО2 процесс.

При разработке технологического процесса были решены следующие задачи [1, 2]:

- 1) выбор положения отливки в форме;
- 2) выбор типа литниково-питающей системы (ЛПС) и расчет исполняемых размеров ее элементов;
- 3) выбор поверхностей разъема формы и определение мест и числа простановки стержней.

Кроме этого, были рекомендованы места установки прирублей и холодильников [3]. На основании решения перечисленных задач был разработан технологический процесс.

Для реализации данного технологического процесса (изготовление отливки «Рама») важно обеспечить условия подготовки расплава перед заливкой.

Учитывая, что к отливке предъявляются повышенные требования по прочности, очевидно, что в ней недопустимо наличие газосодержащей пористости. Последняя зависит не только от условий питания отливки, но и от степени растворенных в металле газов. Для минимизации их содержания рекомендуется проводить дегазацию аргоном.

Кроме этого, важными технологическими операциями для повышения качества сплава являются модифицирование и рафинирование. Для их проведения был рекомендован комплексный флюс, разработанный на кафедре ТиСАПрМП (Патент РФ № 2743945), предназначенный для обработки доэвтектических силуминов, к чему относится сплав АК7пч. Данный флюс по отношению к другим общеизвестным флюсам обеспечивает повышение предела прочности на 10-15% и относительного удлинения на 30-50%. Количество добавляемого флюса — 2% от массы расплава.

Для проверки обеспечения предъявляемых к отливке требований был проведен численный эксперимент. В качестве программного обеспечения была использована система компьютерного моделирования (СКМ) литейных процессов «ПолигонСофт» [4]. Первым этапом стало создание непосредственно трехмерной модели отливки с элементами ЛПС в системе компьютерного проектирования. Затем полученная модель была импортирована в СКМ, где с помощью модуля «Сетка» модель была преобразована в конечно-элементную тетрагональную сеточную модель с целью дальнейшего расчета. В свою очередь сам расчет проводится в модуле «Мастер», в котором было задано направление вектора гравитации, материалы отливки и формы, параметры расчета, а также контактные и граничные условия. По окончании расчета, в модуле «Мираж» был проведен анализ скорости заполнения формы, температурных полей и образования твердой фазы. Помимо этого, данный модуль позволяет определить возможность возникновения усадочных дефектов в теле отливки, а также дефектов типа неполного заполнения формы.

Удалось установить, что по предложенным технологическим рекомендациям обеспечивается гарантированное заполнение рабочей полости формы расплавом при температуре 720°C и при этом обеспечивается удовлетворительное качество отливки.

Из изложенного можно сделать следующий вывод, что решение перечисленных выше технологических задач может быть использовано в качестве базового варианта для разработки конструкторской документации для изготовления отливки «Рама».

Список используемых источников:

1. Аммер В.А. Технология литейной формы: учеб. пособие /В.А. Аммер. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 126 с.
2. Производство отливок из сплавов цветных металлов: учебник / А.В. Курдюмов, В.Д. Белов, М.В. Пикунов, В.С. Моисеев [и др.]; под ред. В.Д. Белова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. — 615 с.
3. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок/ Н.М. Галдин, В.В. Чистяков, А.А. Шатунский; Под общ. ред. В.В. Чистякова. — М.: Машиностроение, 1992. — 256 с.: ил.
4. СКМ ЛП «ПолигонСофт». Руководство пользователя. Версия 2021.0.

## **Разработка режима термической обработки прутков из сплава ВТ6 для обеспечения требуемой твердости**

Заиров А.В., Тевс М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Сковрцова С.В.

МАИ, Москва

В последние годы значительно увеличилось использование титановых сплавов в медицинской промышленности. Они стали основными конструкционными материалами для изготовления имплантатов и хирургического инструмента, активно вытесняя из этой области нержавеющей стали и сплавы на основе кобальт-хрома.

Обуславливается такое распространение титановых сплавов существованием на их поверхности оксидной плёнки, которая и обеспечивает высокую коррозионную стойкость и, как следствие, хорошую биологическую совместимость. Однако основным недостатком титановых сплавов является низкая износостойкость. Так, в процессе эксплуатации имплантатов оксидная плёнка склонна к разрушению вследствие воздействия механических контактных напряжений. Поэтому существует проблема применения титановых сплавов в парах трения.

Особенно это проблема актуальна при изготовлении из титановых сплавов шаровых головок эндопротеза тазобедренного сустава. В настоящее время головки в большинстве случаев изготавливаются из керамики, нержавеющей стали или кобальт-хромовых сплавов. Однако все три материала имеют как преимущества, так и серьёзные недостатки. Изготовление головок из керамики значительно увеличивает стоимость эндопротеза, а использование сплавов на основе кобальта и железа может приводить к контактной коррозии за счёт образования гальванической пары головка — ножка из титанового сплава. Для повышения износостойкости титановых сплавов часто используется метод азотирования для создания на поверхности упрочняющего азотсодержащего слоя. Также возможно нанесение нитридных покрытий. Однако нанесение нитридного покрытия на недостаточно твёрдый титан способно привести к растрескиванию покрытия в процессе эксплуатации (т.н. эффект «яичной скорлупы»). Для обеспечения надлежащего качества как азотирования, так и нанесения нитридного покрытия твёрдость титановой шаровой головки необходимо повысить до 37-39 единиц HRC, что в дальнейшем позволит достичь в процессе полировки требуемой чистоты поверхности (не более 0,03 мкм).

Высокую твёрдость на заготовках шаровых головок возможно получить термодородной обработкой, однако этот метод является сложным и дорогостоящим. В качестве простой и дешёвой альтернативы рассматривается применение упрочняющей термической обработки. Основным преимуществом данного метода является возможность проведения обработки полуфабрикатов, а не практически готовых изделий.

Наиболее распространённым титановым сплавом медицинского назначения является сплав ВТ6, который сочетает достаточно высокую прочность и высокую коррозионную стойкость в биологически активных средах. Таким образом, цель исследования состояла в разработке режима термической обработки прутков из сплава ВТ6 для обеспечения требуемой твёрдости.

На первом этапе работы образцы из сплава ВТ6 закалялись в интервале температур 930-1000°C с шагом 10°C. Охлаждение проводилось в воде. Была определена объёмная доля  $\alpha$ -фазы в каждом образце, также методом Роквелла была измерена твёрдость образцов. Были построены графики влияния температуры нагрева под закалку на объёмную долю  $\alpha$ -фазы в образцах из сплава ВТ6 и зависимости твёрдости образцов из сплава ВТ6 от температуры нагрева под закалку.

На втором этапе работы после закалок образцов с температур 940-1000°C (с шагом 20°C) проводилось старение по следующим режимам: 550°C (выдержка 5 ч.), 580°C (выдержка 4 ч.), 600°C (выдержка 3 ч.), 620°C (выдержка 3 ч.), 640°C (выдержка 2 ч.). Охлаждение проводилось на воздухе. Твёрдость прошедших упрочняющую термическую обработку образцов была измерена по методу Роквелла. На основании полученных данных был построен график зависимости твёрдости.

По результатам исследования был получен график зависимости твёрдости состаренных при разных температурах образцов из сплава ВТ6 от твёрдости, полученной после закалки с различных температур. Этот график позволяет на практике определять режим упрочняющей термической обработки прутков из сплава ВТ6 для получения требуемой твёрдости.

Список используемых источников:

1. Park, J.B. and Bronzino, L.D. Biomaterials: principles and applications // Boca Raton, Florida — CC Press — 2003. — pp. 1-241.

2. Carlos Oldani and Alejandro Dominguez. Titanium as a Biomaterial for Implants // Recent Advances in Arthroplasty — Department of Materials and Technology, Faculty of Exact, Physical and Natural Sciences, Universidad Nacional de Córdoba Argentina — 2012. — pp. 1-16.

3. Ильин А.А., Федирко В.Н., Мамонов А.М., Сарычев С.М., Чернышова Ю.В. Влияние комплексных технологий обработки на структурное состояние поверхности и эксплуатационные свойства медицинских имплантатов из титанового сплава ВТ6 // Титан. 2014. № 4. С. 4-11

## **Определение относительной вязкости флюса ФП-2**

Закареева К.М., Алексеев И.Е.

Научный руководитель — д.т.н. Пашков И.Н.

МАИ, Москва

Для автоматических линий пайки крышек профильных труб необходимо наносить пасту одинаковой консистенции и одинаковой дозы. Паста заливается в ёмкость, затем подается на автоматические линии. Но происходит отделение жидкости от твердой составляющей пасты, что приводит к засорению клапана. В итоге паста одинаковой консистенции не поставляется и не имеет одинаковых технологических свойств. Целью работы является доведение пасты до такой консистенции, чтобы на автоматические линии пайки крышек труб она поступала одинаковой дозы. Задача состоит в том, чтобы подобрать метод определения вязкости пасты так, чтобы разбег значений при измерениях был минимальный и потребитель легко мог бы разбавлением исходной пасты достигать одного и того же состояния.

Для решения этой проблемы были опробованы различные методы измерения вязкости. Все методы проверялись с помощью двух паст одинакового состава, но с разной консистенцией, в консистенции густой и жидкой сметаны. Первый метод — проверка на вязкость с помощью воронки. Были взяты несколько воронок с различными диаметрами. Важно было, чтобы паста любой консистенции протекала через воронку за время от 10 с до 2 минут. Но этот метод не подошел, так как обе пасты полностью не стекали, а оставались на стенках воронки. Количество пасты на стенках было каждый раз различно. Так как этот процесс не стабилен, он не подошел. Второй метод проверки пасты на вязкость — проверка с помощью поршня. В этом методе использовался шприц. Принцип этого метода заключался в том, чтобы в шприц заливалась паста, сверху на поршень подавался груз и поршень выдавливал постепенно пасту. Но проблема была в том, что после нескольких попыток поршень засорился и застревал в цилиндре. После смазывания поршня он, наоборот, быстро проходил через цилиндр, что тоже не подходило. Третий метод заключался в том, чтобы окунуть металлическую пластину в пасту и после этого взвешивать ее. Чтобы это осуществить, из оборудования понадобились: механическая мешалка пасты, крышка, площадь поверхности которой равна 41,4 см<sup>2</sup>, весы, ёмкость для крышки, пинцет. Затем нужно механической мешалкой перемешать пасту ФП-2 в ведре до однородной консистенции, с помощью пинцета окунуть крышку в пасту, подождать пока лишние капли стечут, поместить крышку в емкость и взвесить. Постепенно нужно разбавлять пасту до нужной консистенции. Пробовав по несколько раз этот метод, крышка набирала примерно одинаковую массу пасты в зависимости от консистенции, погрешность была в среднем до 1 грамма. Вес крышки с пастой должен быть примерно больше на 3 г, веса крышки. Результаты этого метода были стабильны. Построив график зависимости массы пасты, которая оставалась на пластине, от консистенции пасты, можно сделать вывод, что при постепенном разбавлении пасты крышка забирает с собой все меньше пасты, но после определенного разбавления, вес крышки с пастой начинает расти. Связано это с тем, что паста становится очень жидкой и маленькие стенки крышки не дают ей полностью стекать. Для подготовки продукта и доведения его для одинаковой консистенции, которая обеспечит проходимость через клапан и одинаковые дозы предлагается метод определения относительной вязкости с помощью нанесения на пластину.

Список используемых источников:

1. Анциферов В.Н. под редакцией Митина Б.С. Порошковая металлургия и напыленные покрытия 1987 г. 792 с.

## Изучение влияние гафния на микроструктуру сплава 1570 после отжига холоднокатаной ленты

Зорин И.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Арышненский Е.В.

Самарский университет, Самара

Алюминиевые деформируемые высокомагниеые сплавы являются самым распространенным конструкционным материалом для аэрокосмической промышленности, оставляя позади титановые сплавы и композиты. С 60-х годов XX века стал появляться новый класс алюминиевых сплавов, легированных скандием [1]. Установлено, что скандиевые добавки способствуют модификации литой структуры, а также приводят к появлению упрочняющих частиц Al<sub>3</sub>Sc.

Одним из наиболее удачных сплавов с добавкой скандия является сплав 1570, содержащий так же цирконий [2]. Последний имеет меньший коэффициент диффузии, чем скандий, и образует вокруг частиц типа Al<sub>3</sub>Sc оболочку увеличивая, тем самым их термостабильность. Еще больше повысить термостабильность Al<sub>3</sub>Sc может гафний так же имеющий низкий коэффициент диффузии, образующий вокруг Al<sub>3</sub>Sc оболочку [3]. Однако влияние гафния на микроструктуру сплава 1570 практически не изучено. Имеются лишь авторские исследования показывающие, что гафний существенно замедляет распад пересыщенного твёрдого раствора и способствует модификации литой структуры [3]. Однако для повышения эффективности применения гафния в сплаве 1570 требуются дальнейшие исследования его влияния на микроструктуру и физико-механические свойства на различных этапах термомеханической обработки. Цель данного исследования изучить влияние гафния на зернённую структуру после отжига холоднокатаной ленты.

Были исследованы сплав 1570 и его модификации с добавками гафния 0,2% и 0,5%. Слитки получали методом литья в кокиль после чего производился гомогенизационный отжиг по режиму 380°C — 8 часов, 440°C — 4 часа. Прокатка слитков проводилась на прокатном стане реверсивного типа в горячую до 6 мм при температуре 440°C, в холодную до 2 мм, суммарный процент обжатия составил 66%, далее велись отжижки по следующим режимам: 470°C — 3 часа, 500°C — 3 часа, 530°C — 3 часа, 550°C — 3 часа.

По результатам исследования выявлено, что при отжиге 470°C — 3 часа в сплавах, легированных гафнием, наблюдается начало рекристаллизации, появление и рост новых зёрен, причем в сплаве с добавкой гафния 0,5% наблюдается смешанная структура с преобладанием рекристаллизованной. В это же время, в сплаве 1570 особых изменений не происходит, при увеличении температуры отжига до 500°C начинают появляться зародыши новых зёрен с преобладанием деформированной структуры. При тех же условиях в сплаве с добавкой гафния 0,2% наблюдается смешанная структура (деформированная и рекристаллизованная) с примерным соотношением 1:1, в сплаве же с добавкой гафния 0,5% встречаются уже почти полностью рекристаллизованные зёрна с незначительными остатками деформированных участков. Уже при 530°C в сплавах, легированных гафнием, можно увидеть полностью рекристаллизуемую структуру со средним размером зерна ≈ 25 мкм, в то время как для сплава 1570 данная температура является температурой начала рекристаллизации.

С одной стороны гафний замедляет процесс формирования частиц Al<sub>3</sub>Sc из твердого раствора за счет снижения коэффициента диффузии скандия в алюминии, однако гафний также, образуя защитную оболочку Al<sub>3</sub>Nf, схватывает скандий в крупных интерметаллидах, что, в итоге, препятствует коагуляции частиц. В конечном счете можно установить, что гафний существенно ускоряет процесс рекристаллизации.

Благодарности:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–29–01506, <https://rscf.ru/project/22-29-01506/>

Список используемых источников:

1. Давыдов В.Г., Елагин В.И., Захаров В.В., Ростова Т.Д. О легировании алюминиевых сплавов добавками скандия и циркония // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1996. No. 8. С. 25-30.
2. Зорин И.А., Арышенский Е.В., Дриц А.М., Коновалов С.В., Комаров В.С. Влияние гафния на литую микроструктуру в сплаве 1570 // *Известия вузов. Цветная металлургия*. 2023; 29 (1): 56–65.
3. Дриц А.М., Арышенский Е.В., Кудрявцев Е.А., Зорин И.А., Коновалов С. В. Исследование распада пересыщенного твердого раствора в высокомагнетных алюминиевых сплавах со скандием, легированных гафнием // *Frontier Materials & Technologies*. 2022. № 4. С. 38-48.

## **Исследование влияния модифицирующих добавок на основе титана на пористость эвтектического силумина**

Ильичев Е.В.

Научный руководитель — к.т.н. Шляпцева А.Д.

МАИ, Москва

Силумины — это сплавы алюминия и кремния, причем наиболее распространенные среди литейных алюминиевых сплавов. Все марки силуминов характеризуются высокими литейными свойствами благодаря малой усадке и значительной жидкотекучести. В процессе изготовления отливок из силумина не образуются трещины. Сплавы системы Al-Si демонстрирует высокую стойкость к коррозии и износостойкость.

Однако силумины слабо упрочняются термической обработкой. Их механические свойства зависят от параметров структуры: размера и морфологии кристаллов эвтектического и первичного кремния, а также первичного зерна и  $\alpha$ -твёрдого раствора кремния в алюминии. Для измельчения структурных составляющих и повышения механических свойств силумины модифицируют [1, 2].

Модифицированием называется обработка сплава в жидком состоянии, которая приводит к модифицированию структуры сплава. При модифицировании в сплав вводится вещество, незначительно изменяющее его состав. Причем данное вещество не является легирующим, так как вводится в малых количествах и не изменяет параметры кристаллической решетки. В результате модифицирования повышаются прочность и относительное удлинение сплавов, а иногда и другие механические и технологические свойства.

Известно, что на качество получаемого литого изделия и их свойства значительное влияние оказывает пористость. Пористость может быть усадочная, газовая и газо-усадочная. Наибольшее влияние на качество силуминов оказывает водород, попадающий в расплав из паров воды. Поры оказывают отрицательное влияние на механические свойства сплавов, а также на герметичность отливок. Поэтому борьба с образованием газовой пористости имеет очень важное значение в производстве отливок из силуминов. Для снижения газовой пористости применяют различные методы:

1. Проводят профилактические мероприятия по исключению контакта расплава с влагой.
2. Дегазируют расплав, т.е. удаляют растворенный в металле водород.
3. Подавляют пузырьковое газовыделение в расплаве без предварительного удаления водорода.

Операции дегазации и модифицирования в основном осуществляют последовательно и некоторые модифицирующие элементы могут оказывать влияние (как положительное, так и негативное) на образование пористости в силуминах. Так, натрий — являющийся известным и широко применяемым модификатором эвтектики в силуминах повышает склонность сплавов к поглощению водорода и образованию газовой пористости [3]. По этой и некоторым другим причинам, наблюдается отказ от модифицирования натрием и другими

щелочными металлами. Ведется разработка эффективных модификаторов, повышающих свойства сплавов и при этом не снижающих их качество.

С целью модифицирования зерна алюминия и  $\alpha$ -твёрдого раствора кремния в алюминии достаточно широко применяют титан. Его модифицирующее действие основано на образовании в расплаве алюминидов титана, являющихся подложками для кристаллизации первичного зерна алюминия и его  $\alpha$ -твёрдого раствора. Наиболее распространённый способ ввода титана в расплав — с помощью лигатуры Al-Ti и фтористой солью K<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub>. Однако влияние титана и способов его ввода на образование пористости в силуминах малоизучено. Поэтому представляет интерес изучение влияния титана, введенного в расплав с помощью лигатуры и соли на образование усадочной и газовой пористости в силуминах.

Список используемых источников:

1. Shlyaptseva, AD, Petrov, I.A, Ryakhovsky A.P, Medvedeva EV, Tcherdyntsev VV. Complex Structure Modification and Improvement of Properties of Aluminium Casting Alloys with Various Silicon Content. *Metals*. 2021; 11(12), 1946.

2. Напалков, В. И. Модифицирование алюминиевых сплавов: монография / В.И. Напалков, С. В. Махов, А. В. Поздняков; под редакцией В. И. Напалкова. — Москва: МИСИС, 2017. — 348с

3. Напалков В.И., Махов С.В., Бобрышев Б.Л., Моисеев В.С. Физико-химические процессы рафинирования алюминия и его сплавов / Под ред. В.И. Напалкова. — М.: Теплотехник, 2011. — 496с.

## **Сокращение производственного цикла цементируемых, закаливаемых деталей**

Кабанов И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Игнатов М.Г.

СФ МАИ, Ступино

Сокращение производственного цикла цементируемых закаливаемых деталей возможно за счет исключения некоторых транспортных и ручных операций из технологического процесса. В технологических требованиях на многие ответственные детали (кольца, пальцы, винты и т.п.), изготавливаемые из сталей 12Ч2Н4МА и 18Х2НВА для повышения износостойкости необходимо обеспечить высокую твердость отдельных поверхностей (HRC > 58) посредством химико-термического упрочнения (цементации и закалки). При этом необходима высокая твердость только некоторых поверхностей деталей при глубине цементированной зоны 0,8–1,2 мм. Остальные поверхности защищаются от химико-термического упрочнения различными способами (гальваническим омеднением, оставлением повышенного припуска). В тех случаях, когда оставляют повышенный (на величину не менее глубины цементации) припуск на поверхностях детали, не подлежащих упрочнению, его снимают лезвийным инструментом (например: Т15К6) после цементации, но до закалки. По этой причине в технологическом процессе изготовления таких деталей неизбежен разрыв не только технологического процесса механической обработки (транспортирование деталей из механического цеха в термический), но и процесса химико-термической обработки.

Решение данной задачи возможно с помощью резцов оснащенных оксидно-карбидной керамикой ВОК-60, которые позволяют достаточно производительной и за один проход снимать припуск до 3 мм высокотвердого закаленного цементированного слоя (HRC = 58 ... 62) вместе с переходной зоной (HRC = 31...41).

Экспериментальные исследования, проведенные в Ступинском машиностроительном производственном объединении, показали, что оптимальные режимы резания таким инструментом следующие: скорость резания 50-70 м/мин, подача 0,10-0,14 мм/об. Обработка производилась без СОЖ. При работе на указанных режимах стойкость инструмента составляла 30-45 мин. Изменение режимов резания в сторону увеличения или уменьшения приводит к резкому снижению стойкости инструмента. При обработке прерывистых

поверхностей, когда на обрабатываемой поверхности имеются пазы, отверстия, фаски стойкость инструмента снижается на 10-20%. При снятии припуска переменной твердости на токарных операциях срезаемая стружка имеет вид гофрированной ленты, что объясняется неравномерной усадкой ее по ширине срезаемого слоя. Шероховатость обработанной поверхности не ниже  $Ra = 5,3 \dots 3,2$  мкм.

В результате использования в производственном процессе резцов оснащенных оксидно-карбидной керамикой ВОК-60 и оптимизированного технологического процесса было достигнуто снижение на 50% ручного труда (погрузка, разгрузка, маркировка, пескоструйная обработка), сокращена длительность производственного цикла на 35-40% и снижены стоимости изготовления цементированных закаленных деталей.

Список используемых источников:

1. А.Е. Перминов, М.Г. Игнатов, Е.Ю. Прокофьев Экспресс- контроль глубины цементированного слоя детали // Вестник машиностроения. 2019. №2. С.77-78.

## **Решение задачи моделирования процесса получения дисперсных материалов методом высокоскоростного затвердевания расплава в СКМ ЛП «ПолигонСофт»**

Кабдыжалелов А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бережной Д.В.

МАИ, Москва

Суть метода высокоскоростного затвердевания расплава (ВЗР) заключается в получении малых объемов расплава с помощью кромки быстровращающегося в вертикальной плоскости диска (теплоприёмника) со скоростью 2000-5000 об/мин. При этом на кромке диска происходит затвердевание слоя металла, который продолжает после его выхода из расплава охлаждаться со скоростью 106-108 К/с. После чего частица отделяется от кромки диска. Размер получаемых частиц можно изменять в диапазоне от десятков микрометров до нескольких миллиметров. Метод отличается хорошей экономичностью, производительностью и экологической безопасностью [1].

Процесс формирования частиц методом ВЗР во многом определяется температурными условиями, существующими в зоне контакта затвердевающего расплава и охлаждённого теплоприёмника. Тепловые условия работы диска — теплоприёмника определяются тепловым потоком, отводимым от контактной поверхности диска, который зависит от теплофизических свойств сплава, материала диска и охлаждающей жидкости, а также коэффициентов теплоотдачи на границе расплав — диск и диск — охлаждаемая поверхность.

Для анализа тепловых условий при получении дисперсных материалов методом ВЗР использовался решитель «Фурье» из российской СКМ ЛП «ПолигонСофт», который позволяет проводить расчет затвердевания, получаемых частиц, с учетом теплообмена с элементами формы и окружающей средой [2].

На первом этапе была построена 3D модель капли расплава и диска, а на ее основе получена объёмная тетрагональная сетка в программном комплексе Salome, входящий в комплект поставки СКМ ЛП «ПолигонСофт». Особенностью построенной сетки является наличие в ней отдельного элемента в зоне формирования дисперсной частицы с размером от 1 до 150 мкм (в зависимости от размера частицы и необходимой точности расчета). В дальнейшем в модуле «Мастер» СКМ ЛП «ПолигонСофт» задавались начальные, граничные и контактные условия, определяющие процесс ВЗР. В качестве материалов использовались: для капли титановый сплав ВТ1-0, а для диска, который охлаждается водой, техническая медь. При этом для более точного расчета теплофизические свойства из базы материалов СКМ ЛП «ПолигонСофт» были скорректированы исходя из особенностей ВЗР. Коэффициенты теплоотдачи в зоне контакта затвердевающего расплава и охлаждённого теплоприёмника и диск — охлаждающая жидкость варьировались в диапазонах  $0,2 \times 10^5$ -

20×105 Вт/(м<sup>2</sup>\*К) и 1000-3000 Вт/(м<sup>2</sup>\*К) соответственно, а средняя температура расплава — 1770 °С.

Полученные результаты изменения температурных полей в капле расплава, продолжительности затвердевания и размеры получаемых дисперсных частиц показали хорошую сходимость с экспериментальными данными и ранее полученными результатами моделирования в СКМ «ProCast». Разработанную компьютерную модель можно использовать для оптимизации процесса получения дисперсных частиц методом ВЗР. Также планируется на ее базе в дальнейшем проведение расчетов в СКМ ЛП «ПолигонСофт» для определения термических напряжений в теплоприемнике. Определение их величины важно для правильного выбора материала теплоприёмника, что во многом определяет длительность эксплуатации оборудования.

Список используемых источников:

1. Высокоскоростное затвердевание расплава (теория, технология и материалы). Васильев В.А., Митин Б.С., Пашков И.Н., Серов М.М., Скуридин А.А., Лукин А.А, Яковлев В.Б. / Под ред. Б.С. Митина. — М.: «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ». 1998. — 400 с.
2. СКМ ЛП «ПолигонСофт». Руководство пользователя. Версия 2021.0.

## **Реализация критериальной системы для разработки процесса производства слоистых материалов**

Кныш О.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галкин В.И.

МАИ, Москва

Разработка технических процессов производства изделий из разнородных композиций принципиально отличается от случая производства изделий из однородных материалов. При разработке технологических процессов производства гетерогенного продукта необходимо учитывать не только параметры процесса, но и свойства заготовки и конечного продукта. Эти данные должны быть взаимосвязаны и учитываться в единой системе.

Учитывая принципиальное сходство ВКМ и материалов со слоистой структурой, а также проблему развития деформационных процессов при производстве изделий из армированных частиц, данный подход целесообразно использовать и при разработке технологических процессов производства, изделий, изготовленных из многоциклового проката.

Эталонный подход позволяет проводить анализ процесса деформирования сборных изделий с учетом особенностей составных частей и технологического способа обработки. Тип производимого композиционного материала можно заранее предсказать расчетным путем. Расчетные условия твердофазного процесса позволяют определить диапазон изменения основных технических параметров и получить композиционные материалы с заданными свойствами. Это позволяет контролировать процесс изготовления композиционных материалов.

Расчеты эталонных уравнений следует проводить для конкретных технических процессов и конкретных видов режимов работы оборудования с учетом параметров режима деформирования, отжига и собираемых заготовок.

Для процессов циклической прокатки листов материала, армированных частицами, можно сформулировать следующие критерии:

1. Температурный;
2. Формирования прочного соединения;
3. Критерий сохранения сплошности матричной составляющей.

При горячей обработке компоненты материала активно взаимодействуют друг с другом. В процессе прокатки изменяется толщина слоя материала, а также характер его диффузионного состояния. Для изучения этого процесса используется метод конечных разностей, позволяющий рассчитать процесс диффузии. Метод конечных разностей — один из численных методов решения краевых задач для дифференциальных уравнений, также известный как метод сеток [1]. Суть этого метода заключается в следующем. На расчетную

площадь наносится сетка с узлами. Все выводы в дифференциальных уравнениях и граничных условиях аппроксимируются соответствующими дифференциальными соотношениями (с использованием числовых дифференциальных формул) и, таким образом, выражаются через неизвестные узловые значения интересующей функции. Результатом является система линейных алгебраических уравнений для значений функции в узлах сетки. Решив эти уравнения и интерполируя между узлами, можно получить приближенное решение задачи. Суть метода конечных разностей заключается в замене исходной задачи математической физики непрерывной аналоговой задачей и применении специального алгоритма решения дискретной задачи. Методы конечных разностей используются для моделирования процессов, описываемых дифференциальными уравнениями; МКР чаще всего используется для решения температурных проблем. Метод основан на замене дифференциальных уравнений конечно-разностной схемой, которая сводится к системе алгебраических уравнений. Прокатка — это очень экономичный, эффективный и контролируемый процесс пластической деформации, который выполняется на стандартном прокатном оборудовании и, в отличие от прессования, не требует специальных инструментов. Прокатка позволяет соединять высокопрочные детали [2]. Преимущество процесса прокатки заключается в том, что он относительно прост и недорог по сравнению с другими процессами прокатки в твердой фазе. Кроме того, широкое применение прокатки обусловлено ее возможностями автоматизации. Путем многоциклового прокатки можно получать материалы с неограниченным числом слоев, где размерный уровень толщины может приближаться к микро- или нанодиапазону. В начале каждого цикла заготовку собирают и раскатывают до толщины (2 мм). Сложенные заготовки разрезаются и тут же собираются в новые заготовки.

Затем сырье повторно нагревают и вводят в новый цикл прокатки. Процесс диффузии становится более выраженным с каждым циклом прокатки по мере изменения толщины слоя основного компонента. Для получения количественных результатов диффузионного анализа используется метод конечных разностей для расчета диффузионного процесса [2].

Список используемых источников:

1. Мануйлов В.Ф., Смирнов В.И., Галкин В.И. Расчёты процессов деформации композиционных материалов. М.: Металлургия, 1992, 208 с.
2. Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф., Тихонов А.С., Колпашиников А.И. и др. К вопросу о получении ВКМ с металлической матрицей методами обработки металлов давлением. — Технология легких сплавов, 1977, №11, с. 68-71.

## **Разработка технологии производства армированных трубных изделий методом волочения на подвижной оправке**

Комарова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиевич А.Р.

МАИ, Москва

Большое значение в конструкции летательных аппаратов имеют сборные силовые элементы. К числу наиболее перспективных ВКМ относится композиция Al-B, обладающая высоким комплексом механических характеристик. Изделие из композиционного материала должно отвечать ряду требований — иметь компактное строение, прочную связь между компонентами, сохранять сплошность и исходную прочность волокон, иметь качественную поверхность. Наиболее широко распространены продольно-армированные трубы из бороалюминия. Их преимущество в замкнутом цилиндрическом контуре, способном выдерживать длительные нагрузки без потери устойчивости. Благодаря симметричному контуру, продольно-армированные трубы относительно просты в технологии производства по сравнению с другими видами изделий и полуфабрикатов из ВКМ.

Перспективным способом получения труб из ВКМ следует считать волочение, выгодно отличающееся от других процессов локальным характером очага деформации. Поэтому потребное усилие для проведения волочения значительно ниже по сравнению с такими

процессами, как термокомпрессия и газостатическое прессование. Основная задача при волочении ВКМ — получение изделий компактного строения с прочной связью между компонентами и сохранение сплошности волокон. Это возможно только в случае, если компактирование будет осуществляться в условиях горячей деформации. Для создания благоприятных условий, обеспечивающих формирование прочного соединения компонентов и сохранение сплошности волокон, желательнее, чтобы процесс волочения ВКМ имел статический характер нагружения.

Возможность практической реализации процесса волочения для получения труб из ВКМ объясняется наличием в заготовке армирующих волокон. Они должны воспринимать основную долю нагрузки в осевом направлении. Наличие армирующих волокон в ВКМ позволяет разработать новый технологический процесс получения продольно-армированных труб — горячим волочением.

Процесс компактирования является основным этапом получения изделий и полуфабрикатов из ВКМ твердофазными методами.

Волочение ВКМ предлагается вести на подвижной оправке, которая будет осуществлять подпор материала сборной заготовки во время всего процесса деформирования. Для сведения к минимуму сдвиговых напряжений на внешней поверхности заготовки ВКМ применяют волочение с алюминиевой технологической оболочкой.

Целью моделирования явилось определение условий процесса в первой зоне деформирования, при которых изменение осевых размеров оболочки было бы минимальным. Это возможно за счет увеличения поперечного сечения оболочки при ее формоизменении. Применение компьютерных программных продуктов при моделировании технологических процессов, дает возможность наблюдать в динамике процесс формоизменения материала в инструменте, что позволяет анализировать параметры процесса еще на стадиях проектирования.

Список используемых источников:

1. Колпашиников А.И., Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф., «Деформирование композиционных материалов». М., «Металлургия», 1982 г.
2. Колпашиников А.И., Мануйлов В.Ф., Ширяев Е.В. Армирование цветных металлов и сплавов волокнами. — М.: Metallurgy, 1974, — 248 с.: ил.
3. Математическое моделирование процессов объемной штамповки ребристых панелей и волочения труб из ВКМ. Галкин В.И., Палтиевич А.Р., Паршиков А.Н. В сб. «Труды МАТИ», в печати.

## **Структура и свойства волокнистого пористого остеointеграционного материала из волокон титана**

Конкина А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллерова М.Ю.

МАИ, Москва

Повышение osteoconductionных характеристик имплантируемых материалов из титана и его сплавов возможно за счет создания градиентной пористой архитектуры материала. Поэтому, целью работы является исследование возможности изготовления материала с градиентной пористой архитектурой методом диффузионной сварки (ДС) с последующей термомодерной обработкой (ТВО).

Создание градиентной архитектуры обеспечивали сочетанием различного исходного материала: быстрозакаленных волокон титана диаметром 30-60 мкм и титановой проволоки диаметром 450 мкм.

В работе исследовали свойства волокнистых образцов и образцов, дополнительно армированных титановой проволоочной сеткой. Архитектуру образцов изучали при увеличении от 20 до 500 крат, при помощи светового микроскопа Axio Observer. A1m и промышленном томографе NSI X5000. Механические показатели определяли на

электромеханической машине TIRA test 2300 при испытании образцов на трёхточечный изгиб с заземленными концами.

Для волокнистых образцов с пористостью 52% максимальную прочность (390 Н) наблюдали после ДС при 900°C с максимальным прогибом 3,8 мм. ТВО позволяет увеличить эти характеристики до 700 Н и 4,9 мм, соответственно. У армированных волокнистых образцов с пористостью 70% прочность увеличивается до 600 Н после ДС при 900°C. ТВО позволяет достичь прочности в 930 Н. При этом повышается максимальный прогиб до 6,3 мм и 9 мм, соответственно. Учитывая более высокую пористость армированных образцов можно утверждать, что их прочность в два раза выше по сравнению с неармированными. Также можно сказать и про пластичность армированного материала.

Результаты работы показали возможность получения волокнистого пористого материала с градиентной архитектурой и хорошим сочетанием механических характеристик. Это позволяет сделать вывод о перспективности применения такого материала для изготовления объёмных имплантатов, замещающих костные дефекты, и пористых покрытий для фиксации монолитных конструкций с высокими osteoconductive и osteointegrative характеристиками. Повышение пластичности в результате армирования волокнистых образцов титановой проволокой позволяет применять их в тех случаях, когда изделие требуется передать необходимую форму перед установкой в организм.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания ВУЗам №ФСФФ — 2023-0004 с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии МАИ».

## **Исследование и разработка методов автоматизации химического аффинажа золота**

Куликовский М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рогов С.И.

НИТУ МИСиС, Москва

В настоящее время на предприятиях горно-металлургической промышленности активно внедряются современные IT-технологии для модернизации производства цветных металлов. Данный факт связан с ростом требований к качеству выходной продукции, который прямо пропорционален росту требований к технологии ее изготовления. Один из вариантов повышения качества готовой продукции без прямых затрат на ее основное производство — автоматизация.

Автоматизация — неотъемлемая часть любого перспективного технологического процесса. Частичная или полная замена ручного труда программным алгоритмом приводит к повышению качества принимаемых управленческих решений за счет улучшенного контроля за производственной линией, сокращения трудоемкости выполняемого процесса, своевременного предоставления достоверной информации о ходе работы в разрезе необходимых аналитик.

Автоматизация производства позволяет исключить дублирование операций технологического процесса, минимизировать время на второстепенные задачи, такие как обработка результатов лабораторных испытаний, формирование отчетности, сбор информации о работе процесса в режиме реального времени, хранение исторических данных, согласование документов и сосредоточить усилия на производительности и качестве технологии.

Объектом исследования являются способы очистки благородных металлов от примесей. Предметом — технология химического рафинирования золота.

Цель работы — исследовать процесс химического аффинажа золота на предприятии АО «Московский завод по обработке специальных сплавов» с целью дальнейшей оптимизации имеющейся технологии рафинирования.

В работе рассмотрены следующие аспекты:

- Сбор данных об объекте исследования;

- Определение структуры и границ процесса химического аффинажа золота;
- Определение состава задач процесса;
- Разработка модели имеющейся технологии на производстве в нотации BPMN;
- Разработка трехуровневой архитектуры процесса;
- Имитационное моделирование технологии.

Результатом работы является идентификация и анализ корневых причин обнаруженных недостатков процесса химического рафинирования золота, а также разработка рекомендаций по оптимизации технологии.

Список используемых источников:

1. Современные технологии производства [Электронный ресурс] // Аффинаж драгоценных металлов: [сайт], [2019]. URL: <https://extxe.com> (дата обращения: 08.01.2023).
2. Pandia [Электронный ресурс] // Имитационное моделирование технологического процесса: [сайт], [2006]. URL: <https://pandia.ru> (дата обращения: 12.12.2022).

## **Комплексное модифицирование силуминов заэвтектического типа**

Майоров Д.И.

Научный руководитель — к.т.н. Петров И.А.

МАИ, Москва

Заэвтектические силумины обладают высокой теплопроводностью и жаропрочностью, низким коэффициентом линейного расширения, высокой твердостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью. Они широко используются в аэрокосмической и автомобильной промышленности для производства деталей двигателей: поршней, блока двигателя, головки цилиндра и других изделий.

Важную роль для повышения эксплуатационных свойств заэвтектических силуминов играет измельчение структурных составляющих сплавов. В первую очередь, это относится к кристаллам первичного Si. Их форма (звездообразная, многоугольная, пластинчатая и перьевидная), размеры и распределение в структуре сплава оказывают существенное влияние на механические, трибологические и физические свойства заэвтектических силуминов. Для сплавов, имеющих сложный фазовый состав, необходимый результат достигается микролегированием, модифицированием или комплексным модифицированием, которое оказывает воздействие на разные структурные составляющие сплава [1].

Применительно к наиболее распространенному модификатору первичного Si в заэвтектических силуминах — P, согласно имеющимся взглядам, модифицирующее воздействие связано с зародышевым действием частиц фосфида алюминия (AlP), которые образуются в сплавах Al-Si при введении P. При этом утверждают, что первичный кремний при затвердевании начинает зарождаться на частицах фосфида алюминия вследствие их кристаллографического подобия. Известно, что AlP имеет решетку ГЦК, ( $a=0,546$  нм), а кремний — решетку ГЦК ( $a=0,543$  нм) [2]. Тем не менее, P не оказывает модифицирующего влияния на другие фазы в заэвтектических силуминах, например на эвтектику ( $\alpha+Si$ ).

Согласно ряду предыдущих исследований [1,2] комплексное модифицирование силуминов показало свою эффективность. Совместное применение поверхности активных элементов и элементов зародышевого действия: P и Sr, P и Ti, и т.д. Особняком стоят редкоземельные металлы (РЗМ). Помимо модифицирования кристаллов первичного Si, РЗМ измельчают кремний в эвтектике ( $\alpha+Si$ ) и положительно влияют на морфологию  $Al_5FeSi$  (известная как  $\beta$ -фаза).

Поэтому в настоящей работе изучена возможность применения комплексного модифицирования. Исследовалось влияние комплексно модифицирующих флюсов (КМФ), следующих составов: №1— $TiO_2+BaF_2+Kf$  [1] и №2— $K_2TiF_6+BaCO_3+C$  [3], и совместное влияние P и КМФ на основные структурные составляющие силуминов заэвтектического типа.

В ходе анализа микроструктуры было установлено, что обработка КМФ составом №1 приводит к изменению морфологии первичного Si и измельчению эвтектики ( $\alpha+Si$ ) в

заэвтектическом силумине. Обработка КМФ составом №2 приводит к некоторому измельчению и изменению морфологии первичного Si, а также способствует более равномерному распределению первичного Si по площади шлифа и уменьшению размеров эвтектического кремния и других структурных составляющих заэвтектического силумина. Совместная обработка Р и КМФ составом №1 или Р и КМФ составом №2 вызывает наибольшее измельчение первичных кристаллов Si в структуре заэвтектического силумина. Морфология первичного Si меняется от крупной многоугольной формы к более мелкой блочной форме. Совместное модифицирование Р и КМФ способствует более равномерному распределению первичных кристаллов Si и модифицированию кремния в эвтектике ( $\alpha$ +Si), а так же уменьшению размера других структурных составляющих заэвтектического силумина.

Таким образом, результаты проведённых исследований показали, что совместное применение модификаторов содержащих Р, поверхностно активных элементов и элементов зародышевого действия, оказывают комплексное воздействие на структуру. Является перспективным направлением улучшения структуры силуминов заэвтектического типа и повышения их свойств. Целесообразно провести исследования комплексного модифицирования заэвтектических силуминов Р и РЗМ.

Список используемых источников:

1. Shlyaptseva AD, Petrov IA, Ryakhovsky AP, Medvedeva EV, Tcherdyntsev VV. Complex Structure Modification and Improvement of Properties of Aluminium Casting Alloys with Various Silicon Content. *Metals*. 2021; 11(12):1946.
2. Напалков, В. И. Модифицирование алюминиевых сплавов: монография / В. И. Напалков, С. В. Махов, А. В. Поздняков; под редакцией В. И. Напалкова. — Москва: МИСИС, 2017. — 348 с
3. Петров И.А., Ряховский А.П., Моисеев В.С., Бобрышев Б.Л., Шляпцева А.Д. Перспективы использования углеродосодержащего материала для обработки силуминов // *Литейщик России*. 2016. №1. С. 28-32.

## **Структурные особенности процесса сварки трением с перемешиванием сплава 1565с**

Максименко Е.И., Прокопенко Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

ОАлюминий-литиевые сплавы широко применяются в изделиях авиационной и космической техники с целью снижения веса конструкции. У этих сплавов уникальное сочетание прочностных характеристик, а также жёсткости и вязкости разрушения. Однако под воздействием сварки плавлением алюминий-литиевые сплавы разупрочняются. Решить эту проблему можно применяя сварку трением с перемешиванием (СТП) за счет того, что этот процесс идет без расплавления металла. Сварные соединения листов из сплавов с литием, выполненные СТП, позволяют повысить коэффициент прочности соединения от 55-60%, характерных для сварки плавлением до 70-75%.

В настоящей работе исследовали влияние СТП на формирование структуры и свойств в 10 мм листах сплава Al-5,87Mg-0,83Mn-0,81Zn-0,11Zr. Рентгеноструктурные исследования СТП соединения проводили с помощью дифрактометра «Шимадзу» в  $\text{Cu K}\alpha$  излучении. Текстуру определяли методом обратных полюсных фигур. Измерения твердости проводили на приборе MacroMet 5100T с нагрузкой 60 кгс и шкалой измерения HRC. Для количественного фазового использовали оригинальный метод анализа, основанный на определении периода решетки твёрдого раствора.

Распределение показателей твердости на различном удалении от центра шва соответствует типичной для СТП соединений W-образной кривой. Минимум твердости соответствует границе между зоной перемешивания (ЗП) и зоной термического влияния (ЗТВ), при этом «набегающая» сторона характеризуется меньшей твердостью, чем

«отстающая» сторона, в центре шва твердость несколько выше, а максимальная твердость соответствует основному металлу (ОМ). Количество интерметаллида  $Al_3Mg_2$  практически точно воспроизводит эту зависимость. В ОМ содержится 15-15,5% интерметаллида, 14% в центре шва и 13-13,5% на границе ЗП и ЗТВ. Зона ОМ характеризуется типичной текстурой прокатки ГЦК металлов  $\{110\}<112>$  (текстура «латуни»). В ЗТВ происходит постепенное снижение интенсивности текстуры прокатки и повышение компонента текстуры сдвига (111). Кроме этого, на границе ЗП и ЗТВ наблюдается пик кубической текстуры, которую связывают в рекристаллизации, при этом максимальная интенсивность кубической текстуры соответствует «набегающей» стороне, для которой характерен более интенсивный нагрев и наблюдается минимум твердости. Таким образом, снижение показателей твердости в зоне шва является следствием двух эффектов в зоне шва, пониженной фракции интерметаллидных частиц и рекристаллизации. Полученные результаты дают количественные структурные критерия поиска технологических способов устранения эффектов разупрочнения СТП соединений из сплавов системы Al-Mg.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-49-00098

### **Применение СКМ ЛП «ПолигонСофт» при проектировании технологического процесса производства алюминиевых отливок ответственного назначения методом литья в кокиль**

Мамаева Д.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бережной Д.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день большое количество машиностроительных изделий получают с помощью литейных технологий. При производстве деталей ответственного назначения часто прибегают к кокильному литью, поскольку данный способ позволяет получать фасонные литые заготовки сложной конфигурации с довольно высокими геометрической точностью и чистой поверхности.

К отливкам ответственного назначения из алюминиевых сплавов относят литейные заготовки, работающие в неблагоприятных условиях под высокими нагрузками. Для них обязателен контроль механических свойств как для образцов, вырезанных из тела литой заготовки, так и для специально отливаемых образцов при каждой плавке, а также рентгеновская дефектоскопия [1]. В настоящее время отливки ответственного назначения широко используются в машиностроении и авиакосмической технике. В связи с выше сказанным, к технологическому процессу (ТП) их изготовления предъявляются высокие требования по качеству, которые должны быть соблюдены при его проектировании с учетом сложной конфигурации изготавливаемых изделий.

Для получения необходимого качества литейных заготовок при литье в кокиль требуется обеспечить заполняемость формы, ламинарное течение и положительное давление расплава в её каналах, а также направленное-последовательное затвердевание всех элементов отливки. Выполнение перечисленных требований достигается оптимальной конструкцией литниково — питающей системы (ЛПС), параметрами технологического процесса и применяемыми средствами технологических воздействий (прибыли, холодильники, экзотермические и изотермические вставки и т.п.) [2, 3]. Так как диапазон возможных технических решений достаточно велик, то для ускорения проектирования ТП целесообразно использовать отечественную систему компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ПолигонСофт».

СКМ ЛП «ПолигонСофт» позволяет комплексно моделировать технологии литья в кокиль и изучать влияние прибылей, холодильников, изотермических и экзотермических вставок на качество получаемой отливки. Имеющиеся в нём шаблоны литейных процессов, дают возможность быстро настроить расчет литья в кокиль и провести анализ скоростей течения расплава по каналам литейной формы, температурных полей в отливке и форме, образования твёрдой фазы, наличия макро- и микропористости в литейной заготовке,

а также остаточных напряжений, пластических деформаций и провести оценку образования горячих трещин [4].

В настоящей работе выполнен анализ проектируемого технологического процесса изготовления алюминиевой отливки ответственного назначения методом литья в кокиль в СКМ ЛП «ПолигонСофт». Для чего на предварительном этапе была спроектирована САД модель, включающая в себя: отливку с ЛПС, стержень, оформляющий внутреннюю полость литейной заготовки и элементы применяемых средств технологических воздействий. На основе данной 3D модели сгенерирована объёмная тетрагональная сетка в программном комплексе Salome, входящий в комплект поставки СКМ ЛП «ПолигонСофт». В дальнейшем в модуле «Мастер» СКМ ЛП «ПолигонСофт» задавались начальные, граничные и контактные условия, определяющие процесс литья в кокиль (выбраны материалы отливки и формы, заданы коэффициенты теплопередачи на границе отливка — кокиль, с учетом используемых красок, и отливка — стержень, теплоотдача в окружающую среду, начальные температуры, параметры подвода расплава и т.д.). По результатам проведенного анализа моделирования сформулированы рекомендации по корректировке параметров ЛПС и технологического процесса, а также предложен комплекс мероприятий по применению средств технологических воздействий для устранения выявленных дефектов и обеспечению необходимого качества, получаемой литой заготовки.

Список используемых источников:

1. Аммер В.А. Технология литейной формы: учеб. пособие / В.А. Аммер. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 126 с.
2. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок / Н.М. Галдин, В.В. Чистяков, А.А. Шатунский; Под общ. ред. В.В. Чистякова. — М.: Машиностроение, 1992. — 256 с.: ил.
3. Смыков А.Ф. Оптимизационное проектирование технологических процессов гравитационного литья / А.Ф. Смыков, В.С. Моисеев // Технология легких сплавов. — 2012. — № 4. — С. 67-71.
4. СКМ ЛП «ПолигонСофт». Руководство пользователя. Версия 2021.0.

## **Исследование влияния высокотемпературного отжига на температурный коэффициент индукции магнитов ЮНДКБА**

Овчинников А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Чередниченко И.В.

МАИ, Москва

Постоянные магниты широко используются в ведущих отраслях современной промышленности: в электротехнике, радиотехнике, электронике, информационно-измерительной технике, автоматике, в авиационной и космической технике, ракетостроении, приборостроении. Магниты ЮНДКБА (ГОСТ 17809-72) широко используются в акселерометрах. Надежность и точность приборов и аппаратов с постоянными магнитами во многом зависит от стабильности магнитов. Совершенствование техники и разработка новых приборов повышает требования к стабильности постоянных магнитов. Для магнитов типа ЮНДКБА требуется обеспечить температурный коэффициент индукции (ТКИ) не хуже  $-0,015\%/^{\circ}\text{C}$  в интервале температур от  $+25$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, проблема стабильности постоянных магнитов является одной из важных для современного приборостроения. Однако до настоящего времени этот вопрос остается недостаточно изученным. В настоящей работе исследовано влияние термической обработки на ТКИ высокоэнергетических литых постоянных магнитов ЮНДКБА.

Заготовки магнитов ЮНДКБА изготавливали методом высокоградиентной направленной кристаллизации на УВНК-9А для формирования столбчатой кристаллической структуры. Структура, отвечающая за высокие магнитные свойства сплавов ЮНДКБА представляет собой наноразмерные выделения  $\alpha 1$ -фазы, обогащенной железом и кобальтом в матрице  $\alpha 2$ -фазы, обогащенной никелем и алюминием, формирующиеся при термомагнитной обработке (ТМО) и последующем отпуске. Обработку образцов на высококоэрцитивное состояние

проводили по следующему режиму: гомогенизационный отжиг при 1300°C в течении 25 мин; охлаждение на воздухе в течении 1 мин; ТМО в магнитном поле напряженностью не менее 240 кА/м в течении 20 мин; отпуск заготовок (610± 5°C, 5 ч)+(590± 5°C, 8 ч)+(560± 5°C, 12 ч). Измерение гистерезисных свойств магнитов провели с помощью Permagraph C-300 при комнатной температуре. ТКИ контролировали посредством измерения потокоцепления в интервале температур от комнатной до 100 °С с помощью флюксметра EF5 с подключенными катушками Гельмгольца.

В качестве объекта исследования выбрали магниты ЮНДКБА с тремя уровнями магнитных свойств: превышающими требования ГОСТ 17809-72; соответствующие требованиям ГОСТ 17809-72 и со свойствами ниже требований ГОСТ 17809-72 (по остаточной индукции). Методом исследования выбрали термическую обработку магнитов: двойной отпуск (режим указан выше) и дополнительный отжиг в течении 100 ч при температуре последней ступени отжига. Термообработку проводили в вакуумной электропечи сопротивления ВЕГА-1.

По итогам проделанной работы было установлено:

1) ТКИ образцов с высокими магнитными свойствами ( $B_r = 1,30$  Тл;  $H_{cb} = 62$  кА/м;  $(BH)_{max} = 54$  кДж/м<sup>3</sup>) превышающими требования ГОСТ 17809-72 после термообработки не изменился. Зависимость ТКИ от температуры имеет вид, близкий к прямой и также не меняется после отжига.

2) У образцов со средними и низкими магнитными свойствами ( $B_r \leq 1,25$  Тл;  $H_{cb} < 60$  кА/м;  $(BH)_{max} < 42$  кДж/м<sup>3</sup>) после отжига ТКИ увеличился (до 50 %). Зависимость ТКИ от температуры имеет вид кривой второй степени. После отжига наблюдается изменение вида зависимости от кривой второй степени к прямой, что является предпочтительным для использования в навигационных приборах. Таким образом, можно предположить, что дополнительная термообработка оказывает влияние на структуру высококоэрцитивного состояния, приближая ее к оптимальным параметрам.

Список используемых источников:

1. В.В. Сергеев, Т.И. Бульгина. Магнитотвердые материалы. М. Энергия. 1980. С.192.
2. ГОСТ 17809-72. Материалы магнитотвердые литые. ИПК издательство стандартов. М. 2001.
3. И.В. Чередниченко, Ю.А. Бондаренко, М.Ю. Колодяжный, Н.А. Кузьмина. Структура и свойства сплавов для постоянных магнитов ЮНДК25БА, полученных методом направленной кристаллизации с жидкометаллическим охладителем // Труды ВИАМ. 2017. №11 (59). С. 32. DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-11-4-4.

## **Исследование структуры и фазового состава полуфабриката из орто-сплава при легировании водородом**

Румянцев К., Шураков М.А., Рябов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Пожого О.З.

МАИ, Москва

Актуальной проблемой современного авиационного двигателестроения является развитие технологии новых жаропрочных материалов для теплонагруженных деталей турбин и силовых установок. Применение известных жаропрочных титановых сплавов ВТ8-1, ВТ9, ВТ18У, ВТ25У, ВТ28 ограничено температурой 500 – 600°C. Альтернативой им могут служить сплавы на основе орторомбического алюминиды титана (орто-сплавы), и способные работать при температурах 650-700°C. Орто-сплавы содержат в структуре частицы  $O$ - и  $\alpha_2$  фаз — интерметаллидных соединений, которые упрочняют сплав, но их наличие неизбежно приводит к уменьшению его пластичности. Введение водорода в титановые орто-сплавы призвано инициировать изменение структуры в сторону повышения технологической пластичности материала заготовок [1]. Данная работа посвящена исследованию влияния водорода на фазовый состав и структуру сплава ВТИ-4 для последующей разработки технологии наводороживания.

Исследования проводили на образцах орто-сплава ВТИ-4 следующего химического состава: Ti–10Al–43Nb–0,9Mo–1,0V–1,5Zr–0,13Si (масс. %). Наводороживающий отжиг (НО) осуществляли в среде молекулярного водорода под давлением  $P = 0,1$  МПа в установке Сиверта после изотермической выдержки в течение 30 минут. Насыщение водородом до концентрации 0,1% Н (здесь и далее масс. % Н) проводилось при температуре 800°C за один цикл. Наводороживающий отжиг до концентрации 0,2% Н проводился за два цикла: после изотермической выдержки при температуре 800°C до концентрации 0,1% Н и затем после дополнительного набора газа при температуре 700°C до концентрации 0,2% Н. Металлографический анализ проводили на оптическом микроскопе AXIO Observer.A1m (Karl Zeiss Jena, Германия) Рентгеноструктурный фазовый анализ (РСА) проводили на дифрактометре ДРОН-4 в фильтрованном CuK $\alpha$  излучении при комнатной температуре.

По данным металлографического и РС анализов структурного исходного полуфабриката представлена мелкодисперсной смесью двух фаз ( $\beta$ +O), частицы O-фазы располагаются как по границам  $\beta$ -зерен, так и внутри них. Размер структурных составляющих менее 1 мкм.

Структура водородсодержащих образцов также является двухфазной, причем с увеличением содержания водорода до 0,2% количество  $\beta$ -фазы уменьшается, о чем можно судить по изменению интегральных интенсивностей рефлексов фаз. Это свидетельствует о том, что водород инициирует  $\beta \rightarrow O$  превращение.

С повышением содержания водорода в сплаве наблюдается смещение углов дифракции  $\beta$ - и O-фаз в сторону меньших значений, что свидетельствует о растворении в них водорода. Объемная доля  $\beta$ -фазы уменьшается, а период ее кристаллической решетки увеличивается от 0,323 нм в исходном сплаве до 0,329 нм при концентрации водорода 0,2%. Атомный объем  $\beta$  фазы после легирования водородом до 0,2% Н увеличился на 5,3%. Увеличение атомного объема  $\beta$  фазы обусловлено насыщением водородом и, возможно, обеднением алюминием. Атомный объем O-фазы возрос на 1,55%, что свидетельствует о большей растворимости водорода в  $\beta$ -фазе.

Морфология структурных составляющих в титановых сплавах определяется упругой энергией межфазной границы, зависящей от размерного несоответствия исходной и новой фазы — объемного эффекта превращения. Увеличение концентрации водорода приводит к увеличению объемного эффекта превращения  $\beta \rightarrow O$  в 1,52 раза (с 2,63% до 4,01%).

Следует заметить, что легирование сплава в несколько циклов до более высокого содержания водорода при температурах 700 — 800°C делает процесс наводороживающего отжига более продолжительным, что может негативно сказаться на энергоёмкости данной технологии и её экономической эффективности при внедрении в промышленность.

Несмотря на это, проведённые исследования показали, что с увеличением количества вводимого водорода в сплав ВТИ-4 уменьшается количество  $\beta$ -фазы, увеличивается её объёмная доля и наблюдается рост объемного эффекта  $\beta \rightarrow O$  превращения, что способствует формированию структуры пластинчатой морфологии и должно положительно сказаться на пластичности данного сплава.

Список используемых источников:

1. Ильин А.А., Колачев Б.А., Носов В.К., Мамонов А.М. Водородная технология титановых сплавов. — М.: МИСиС, 2002. — 392 с.
2. Ночовная, Н.А., Базылева О.А., Каблов Д.Е., Панин П.В. Интерметаллидные сплавы на основе титана и никеля / под общей редакцией Е.Н. Каблова. — М.: ВИАМ, 2018. 308 с.
3. Скворцова С.В., Пожого О.З., Пожого В.А., Иванов А.Е. Влияние дополнительного легирования водородом на структуру и фазовый состав интерметаллидного сплава ВТИ-4 // Металлы. 2019. №6. С. 3-13.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10260, <https://rscf.ru/project/22-79-10260/>.

## Изучение закономерностей формирования структуры и твердости в титановых сплавах переходного класса после упрочняющей термической обработки

Рябов А.А., Чупикова А.Р., Шураков М.А.  
Научный руководитель — Зайнетдинова Г.Т.  
МАИ, Москва

На данный момент времени псевдо- $\beta$ -титановые сплавы все более широко применяются в авиакосмической, химической, нефте- и газодобывающей отраслях, а также в транспортной промышленности благодаря своему уникальному комплексу свойств — высокой удельной прочности в термически упрочненном состоянии и низкой плотности, что обеспечивает высокий уровень удельных эксплуатационных характеристик, исключительную коррозионную стойкость во многих агрессивных средах, немагнитность, высокую технологичность в закаленном состоянии и т.п. По удельной прочности и коррозионной стойкости титановые сплавы превосходят нержавеющей стали и алюминиевые сплавы.

Расширение области применения псевдо- $\beta$ -титановых сплавов также зависит от совершенствования технологий их обработки, целью которых являются дополнительное повышение прочностных и технологических характеристик полуфабрикатов, получение требуемой структуры и повышение ее однородности. Поэтому работы, направленные на разработку новых и усовершенствование существующих технологических схем и режимов термической обработки, сохраняют свою актуальность и в настоящее время.

Для проведения исследований было выбрано 2 промышленных сплава VT22 (Ti-5,5Al-5V-5Mo-2Cr-1Fe) и Ti-5553 (Ti-5Al-5V-5Mo-3Cr-0,5Fe).

В данной работе была проведена оценка влияния процентного содержания легирующих элементов в промышленных сплавах VT22 и Ti-5553 на структуру и твердость с целью выбора наиболее перспективных сплавов, позволяющих получить необходимое сочетание структуры и твердости.

Микроструктура сплава VT22 характеризуется глобулярными частицами  $\alpha$ -фазы и  $\beta$ -фазой. Микроструктура сплава Ti-5553 также представлена близкими к глобулярным частицам  $\alpha$ -фазы и  $\beta$ -фазой. Твердость сплавов в исходном состоянии составляет для VT22 — 31 ед. HRC, Ti-5553 — 30 ед. HRC.

Для промышленных сплавов VT22 и Ti-5553 методом пробных закалок была определена температура  $\alpha+\beta/\beta$ -перехода. Для сплава VT22 данная температура составила 890°C, для Ti-5553 — 860°C. Часть образцов была закалена из  $\beta$ -области, а часть — из ( $\alpha+\beta$ )-области с температур на 50° ниже Ac3. После закалки из  $\beta$ -области структура состоит из  $\beta$ -зерен, а после закалки из ( $\alpha+\beta$ )-области структура представлена  $\beta$ -зернами и дисперсными частицами  $\alpha$ -фазы. Количество этой структурной составляющей увеличивается по мере уменьшения температуры нагрева под закалку.

Твердость в закаленном состоянии зависит от температуры нагрева сплавов. После закалки из  $\beta$ -области твердость минимальная и определяется только степенью легирования твердого раствора, а после закалки из ( $\alpha+\beta$ )-области твердость определяется также и степенью дисперсности частиц первичной  $\alpha$ -фазы. После закалки из  $\beta$ -области твердость сплава VT22 составляет 28 ед. HRC, после закалки из ( $\alpha+\beta$ )-области — 33,5 ед. HRC. Твердость сплава Ti-5553 после закалки из  $\beta$ -области составляет 27,5 ед. HRC, после закалки из ( $\alpha+\beta$ )-области — 31,5 ед. HRC.

На следующем этапе работы проведено старение образцов из промышленных титановых сплавов VT22 и Ti-5553 при температурах 450, 500, 550°C в течение продолжительного времени. Старение образцов из сплавов VT22 и Ti-5553 показало, что уже через 1 час начинается выделение дисперсной  $\alpha$ -фазы, твердость увеличивается по сравнению с закаленным состоянием. Показано, что при старении 450°C и выдержке 10 часов достигается значение твердости сплавов VT22 и Ti-5553 — 50 ед. HRC.

Таким образом, при старении образцов из сплавов ВТ22 и Ti-5553 уже через 1 час начинается выделение дисперсной  $\alpha$ -фазы, твердость повышается по сравнению с закаленным состоянием. Показано, что при старении при температуре 450°C и выдержке в течение 10 часов значения твердости промышленных сплавов ВТ22 и Ti-5553 достигают 50 ед. HRC.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01061, <https://rscf.ru/project/22-29-01061>, с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии» МАИ.

Список используемых источников:

1. Skvortsova S., Gurtovaya G., Afonina M., Ruchina N. and Zaynetdinova G. Development of heat treatment modes for a two-phase titanium alloy to form regulated structure and properties complex // MATEC Web of Conferences. 2019. V. 298. p. 1-6.

2. Skvortsova S.V., Gvozdeva O.N., Orlov A.A., Volodin A.V., Stepushin A.S. The study of structure development regularities in VT35 alloy after strengthening thermal processing // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. V. 9, Is. 11, P. 1471–1478.

## **Изучение процесса сварки корпуса радиотелескопа из алюминиевого сплава**

Седаев Н.В., Фонарева В.Д., Ковзик Н.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Степанов В.В.

МАИ, Москва

Современное исследование космического пространства неразрывно связано с применением различных систем наблюдения за объектами Солнечной системы. В настоящее время для изучения объектов космического пространства активно применяются различные радиотелескопы наземного и космического базирования. При этом наибольшее предпочтение отдаётся телескопам космического базирования, как наиболее эффективным. Однако применение радиотелескопов в космическом пространстве осложняется необходимостью защиты излучающих элементов от взаимодействия с микрообъектами в космическом пространстве. Поэтому конструктивно такие телескопы изготавливают с защитным кожухом (корпусом).

К корпусам радиотелескопов предъявляются повышенные требования по надёжности, прочности и минимального ослабления сигнала при прохождении (радиопрозрачности). В работе был предложен технологический процесс изготовления корпуса радиотелескопа малой мощности. Для изготовления корпуса было предложено использовать низколегированный алюминиевый сплав АМг3, обладающий высокой пластичностью (для предотвращения повреждения от соударения с микрообъектами в Космосе) и высокими технологическими свойствами. Заготовки корпуса предложено изготавливать из листов, с последующим формообразованием на трёхвалковом стане и развальцовки, и поковки, с последующей механической обработкой. Для сборки корпуса предлагается использовать аргоно-дуговую сварку.

Были проанализированы основные особенности сварки плавлением сплава АМг3. Определены, основные проблемы при сварке и предложены меры борьбы с пористостью. Для изготовления сварного соединения предложено использовать присадочную проволоку свАМг3, поскольку она наиболее близка по химическому составу к основному материалу и не будет снижать радиопрозрачность зоны соединения.

На основании этого был предложен технологический процесс изготовления радиотелескопа из алюминиевого сплава.

## **Влияние термической обработки на толщину и свойства оксидных барьерных покрытий в сплаве ВТ23**

Смирнов П.А., Николаев Г.Ю., Алсаева О.С.

Научный руководитель — к.т.н. Шалин А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время одним из перспективных и интересных направлений использования титановых сплавов является создание на их основе материалов, противостоящих высокоэнергетическим динамическим нагрузкам, которые могут применяться для создания брони. Обеспечение необходимого комплекса механических свойств, а в частности высокой динамической стойкости можно достичь путем создания в материале линейной градиентной структуры, когда изменения в структуре происходят от одного края полуфабриката к противоположному [1]. Этого можно достичь с помощью термоводородной обработки, основанной на обратном легировании водородом [2]. Однако при создании линейной градиентной структуры необходимо изолировать три стороны полуфабриката от нежелательного проникновения водорода. В качестве «барьеров», защищающих от водорода, предлагается применять оксидные пленки, сформированные при высокотемпературной термической обработке в воздушной атмосфере. Хотелось бы отметить, что в ранее проведенных исследованиях оксидных пленок в качестве барьерных покрытий на других титановых сплавах, таких как ВТ6, сотрудники кафедры «МиТОМ» установили, что наилучшими свойствами обладают оксидные пленки, сформированные при температурах свыше 800° [3].

Поэтому целью исследования является изучение влияния температуры обработки свыше 800° с охлаждением в воздушной среде на толщину и качество оксидных пленок в сплаве ВТ23.

Исследование проводилось на образцах, вырезанных из плиты титанового сплава ВТ23, толщиной 14мм. Для формирования на поверхности образцов оксидных пленок они подвергались изотермической выдержке в течении 4 часов при температурах 800°, 850° и 900° с последующим охлаждением на воздухе.

После проведения термических обработок целостность оксидных пленок оценивалась визуально, а толщина оксидной пленки и альфированного слоя с помощью измерения микротвердости. Анализ результатов показал, что на поверхности образцов образуются сплошные, но в то же время хрупкие оксидные пленки, глубина которых составляет 210 мкм, 220 мкм и 260 мкм соответственно.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при повышении температуры термической обработки целостность пленок практически не изменяется, а глубина оксидных пленок и альфированного слоя увеличивается, что может положительно повлиять на их защитные свойства.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10260, <https://rscf.ru/project/22-79-10260/>.

Список используемых источников:

1. Купрюнин Д.Г., Гавзе А.Л., Чусов С.Ю., Использование титановых сплавов для конструкционных и броневых деталей изделий автобронетанковой военной техники и средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) // Вопросы оборонной техники, 2017, с. 114-122.
2. Колачев Б.А., Ильин А.А., Носов В.К., Мамонов А.М. Достижения водородной технологии титановых сплавов // Технология легких сплавов. 2007. №3. с. 10-26.
3. Сковцова С.В., Гвоздева О.Н., Шалин А.В., Степушин А.С. Создание «линейной» градиентной структуры в титановом сплаве ВТ6 // Titan. 2019. №3. с. 25–30.

## **Кинетика изменения характеристик эффекта памяти формы при старении сплава на основе никелида титана**

Снегирёв А.О., Алсаева О.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллеров М.Ю.

МАИ, Москва

Сплавы системы Ti-Ni обладают высоким комплексом свойств эффекта памяти формы (ЭПФ) и широко применяются в конструкциях муфт для сборки трубопроводов, элементов термодатчиков, актуаторов и медицинских изделий. Свойства ЭПФ определяются химическим составом и структурой, формирующейся в процессе термической обработки. Однако, процесс обеспечения их требуемого уровня методами термической обработки для данных сплавов мало изучен. Поэтому целью работы является исследование влияния режимов термической обработки на структуру и характеристики ЭПФ сплава на основе никелида титана. В данной работе исследовали образцы в исходном (после теплой прокатки) и отожжённом (в вакууме при 700 °С в течение 1 часа) состояниях из сплава Ti-57,5%Ni, по массе. Образцы в виде полос толщиной 2 мм использовали для проведения металлографического и рентгеноструктурного анализов, а также для определения характеристик восстановления формы методом свободного восстановления формы после деформации изгибом на 2 %.

Образцы старили в интервале температур от 370 °С до 520 °С со временем выдержки от 20 до 120 минут. Установлено, что режимы старения: 430 °С, 40 минут для образцов в исходном и 460 °С, 40 в отожжённом состоянии приводят к максимальному изменению температур восстановления формы, что связано с интенсивным выделением интерметаллида Ti3Ni4. Наиболее высокие температуры восстановления формы наблюдаются после старения при 430 °С, 120 минут для исходного состояния образцов, а для отожжённого — 460 °С, 120 минут. При более низких или высоких температурах старения процесс выделения интерметаллида Ti3Ni4 протекает менее интенсивно, а температуры восстановления формы не достигают высоких значений.

Для образцов в исходном состоянии процессы старения развиваются быстрее и достигаются более высокие температуры восстановления формы, чем для образцов в отожжённом состоянии, что связано с высокой концентрацией дефектов кристаллического строения в первых.

Построена номограмма температур восстановления формы в координатах температура-время старения, которая может быть использована для управления характеристиками ЭПФ, в том числе при локальной термической обработке.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания вузам № FSFF-2023-0004 с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно — космические материалы и технологии» МАИ.

## **Изучение взаимодействия припоя с основным металлом в условиях пайки трубчатых теплообменников электронным лучом**

Степанов К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.

АО «НПО Лавочкина», Москва

Одной из основных конструктивных особенностей трубчатых теплообменников является наличие большого количества герметичных соединений весьма значительной суммарной протяженности. Поэтому первоначальной задачей на пути создания технологического процесса изготовления теплообменников является разработка методов пайки, обеспечивающих условия для одновременного и стабильного формирования сотен качественных герметичных паяных швов.

Целью данной работы является изучение взаимодействия припоя с основным металлом, сравнение разных припоев и способов его нанесения, а также распределение припоя в паяных соединениях в процессе пайки. Для исследования взаимодействия припоя с

основным материалом X18H9T был проведен комплекс исследований, а именно анализ припоев и характера их взаимодействия с основным материалом, проведены теоретические исследования вопросов дозировки и распределения припоя при пайке теплообменников и получены их аналитические решения, проведен анализ процессов формирования паяных соединений трубчатых теплообменников, проведен анализ характера растворения тонкостенных элементов в паяных соединениях трубчатых теплообменников.

На основании расчетов по определению оптимального количества припоя и исследований по распределению припоя, формированию соединений в процессе пайки был предложен оптимальный температурный и временной режим для пайки тонкостенных трубок из стали X18H9T, также выбран наиболее оптимальный и прогрессивный способ пайки — пайка в вакууме сканирующим электронным лучом.

Список используемых источников:

1. Справочник по пайке / Под ред. И.Е. Петрунина. 3-е изд. перераб. и дополн. М.: Машиностроение — 2003 г. 480 с.

2. Г. Г. Манко «Пайка и припой», машиностроение, Москва, 1968 г.

Н. Ф. Легко С. В. Лашко «Пайка металлов», машиностроение, Москва, 1988 г.

### **Исследование структуры и свойств титановых покрытий, используемых в эндопротезах тазобедренного сустава, полученных различными путями**

Тевс М.Д., Заиров А.В., Николоаев Г.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гвоздева О.Н.

МАИ, Москва

В современной медицине, направленной на протезирование, титан и его сплавы занимают приоритетное место, потому что обладают хорошим сочетанием технологических и эксплуатационных свойств. По механикобиологической совместимости наиболее удачным считается нелегированный титан марки ВТ1-0 и двухфазный ( $\alpha+\beta$ )- титановый сплав марки ВТ6.

Самым распространенным вариантом использования титана и его сплавов является эндопротезирование тазобедренного сустава. Данные протезы являются сложными многокомпонентными изделиями, состоящими из ножки, головки, вкладыша и ацетабулярной чаши. При выборе типа фиксации эндопротеза учитывают характер повреждения естественного сустава, форму канала, вид эндопротезирования, возраст человека, его физиологические особенности. Однако наиболее часто применяют эндопротезы с бесцементным типом фиксации. Одним из основных требований к поверхности ножки и чаши вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава является пористость, размер и глубина открытых пор для возможности прорастания костной ткани. Для этого на поверхности эндопротезов создается пористое покрытие. Проведённые ранее исследования [1] показали, что, хорошее прорастание костной ткани обеспечивается при наличии покрытий с открытыми порами с размером в интервале 50-500 мкм и объемной долей в диапазоне 40-80%. Позже на основании анализа практики хирургического применения эндопротезов были выведены оптимальные размеры пор (300-500 мкм) и их объемная доля (50-60%) [2].

Поэтому целью данной работы является исследование структуры и пористости покрытий из титанового сплава ВТ1-0, нанесенных различными методами на основании из сплава ВТ6.

Объектами исследований служили серийные и опытные ацетабулярные чаши тазобедренного сустава. Пористые покрытия из сплава ВТ1-0 наносились на чаши несколькими методами: спеканием микросфер и микрочастиц неправильной формы (технология DePuу), диффузионной сваркой проволоки (технология Zimmer) и прямым лазерным нанесением порошка (технология 3D-ЦИТО).

На основании качественного сравнения пористых покрытий сформированных на ацетабулярных чашах разными способами установлено, что микрорельеф пористого

покрытия, сформированного спеканием микросфер и микрочастиц неправильной формы, характеризуется многогранными выступами с острыми краями. В покрытие сформированным диффузионной сваркой проволоки хорошо видны извилистые элементы проволоки, уложенные слоями. 3D-порошковое пористое покрытие, нанесённого путём прямого лазерного нанесения металла представлено широкими выступами и неглубокими впадинами.

Проведённая количественная оценка объёмной пористости и развитости исследуемых покрытий показала, что около 60% открытых пор попадают по своим размерам (ширина: 150-350 мкм; глубина: 100-400 мкм) в предпочтительный интервал. Был замечено, что 15% пор имеют размеры от 500 до 800 мкм, также присутствуют единичные мелкие (<50 мкм) крупные (>900 мкм) поры.

На основании металлографического исследования установлено, что покрытия полученные спеканием микросфер и диффузионной сваркой проволоки, обладают плавным переходом структуры от сплава пористого покрытия (BT1-0) к сплаву основы ацетабулярной чаши (BT6). На границе контакта «покрытие — основа» формируются общие зерна, что свидетельствует об образовании физико-химического взаимодействия сплавов. На границе контакта «покрытие — основа», на чаше с покрытием сформированным лазерным нанесением порошка практически полное отсутствие физико-химического контакта, что выражается в виде наличия сплошной чёрной полосы, не демонстрирует наличие диффузионных зон.

Таким образом, установлено, что пористые покрытия, образованного спеканием микросфер и микрочастиц неправильной формы (технология DePu) и диффузионной сваркой проволоки (технология Zimmer), имеют хорошо развитую поверхность для остеоинтеграции с объёмной открытой пористостью 40-50% и размерами порядка 315 мкм в ширине и 450 мкм в глубине. Так же на границе происходит образование общих зерен. Прямое лазерное нанесение порошка (технология 3D-ЦИТО) имеет худшие показатели, однако стоит отметить, что покрытие было «напечатано» лишь в один слой, что дает возможность его улучшения.

Список используемых источников:

1. Тихилов Р. М., Шубняков И. И., Денисов А. О., Конев В. А., Гофман И. В., Михайлова П. М., Нетелько Г. И., Васильев А. В., Анисимова Л. О., Билик С. С. Костная и мягкотканная интеграция пористых титановых имплантатов (экспериментальное исследование).// Травматология и ортопедия России. — 2018. — №2. — С.95-107.
2. Д.А. Маланин, В.И. Калита, А.И. Мамаев, И.В. Деревянко, Е.А. Крайнов, Ю.Д. Ланцов Физико-механические свойства границы раздела между костной тканью и имплантатами с различными биоактивными покрытиями // Бюллетень Волгоградского НЦ РАМН, №4, 2008, с 47 — 50.

## **Определение усвояемости титана алюминиевым расплавом при его обработке флюсом на основе диоксида титана**

Федорцов Р.С., Саакян В.В., Чилон Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ряховский А.П.

МАИ, Москва

На кафедре ТиСАПРМП Московского авиационного института (МАИ) разработан модифицирующий флюс, содержащий фторид бария BaF<sub>2</sub>, фторид калия KF и диоксид титана TiO<sub>2</sub>. Флюс оказывает комплексное модифицирующее воздействие на все основные структурные составляющие силуминов [1].

В разработанном модифицирующем флюсе диоксид титана TiO<sub>2</sub> использовался как источник титана. Для перехода Ti в расплав из диоксида титана необходим активный восстановитель, которым является соль KF. Термодинамический анализ возможных реакций восстановления титана из его диоксида с помощью фтористого калия показал высокую вероятность протекания реакции в сторону восстановления титана и перехода его в расплав [2].

Определенной сложностью при модифицировании алюминиевых сплавов разработанным флюсом является определение точного количества титана, переходящего из диоксида титана в расплав.

Поэтому, целью проводимых исследований являлось определение усвояемости титана расплавом силумина при его обработке модифицирующим флюсом на основе диоксида титана.

Под усвояемостью подразумевается переход в расплав титана из  $TiO_2$  при обработке расплава силумина опытным модифицирующим флюсом. В качестве показателя усвояемости титана взято отношение фактического содержания титана в сплаве АК12 к расчетному содержанию, выраженное в процентах.

Показано, что при увеличении количества фтористого калия во флюсе возрастает количество титана, перешедшего в сплав АК12. Максимальная усвояемость титана наблюдается при соотношении фтористых солей в модифицирующем флюсе, равном (73,5% KF+26,5% BaF<sub>2</sub>). При этих условиях усвояемость титана в сплаве АК12 составила 29-36%.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Повышение концентрации фторида калия KF в рассмотренном модифицирующем флюсе на основе диоксида титана приводит к повышению усвояемости титана и к росту концентрации титана в модифицируемом сплаве.

2. Повышение концентрации диоксида титана в модифицирующем флюсе при постоянной концентрации фторида калия вызывает повышение концентрации титана в сплаве при условии, что количества KF достаточно для восстановления титана. В противном случае, при увеличении количества  $TiO_2$  происходит понижение количества титана, перешедшего в сплав.

3. Максимальная усвояемость титана при обработке сплава АК12 модифицирующим флюсом на основе диоксида титана составляет 31-36%. Это позволяет ввести в сплав приблизительно 0,15% титана.

Список используемых источников:

1. Shlyaptseva A.D., Petrov I.A., Ryakhovsky A.P., Medvedeva E.V., Tcherdyntsev V.V. Complex Structure Modification and Improvement of Properties of Aluminium Casting Alloys with Various Silicon Content. *Metals*. 2021; 11(12):1946.

2. Шляпцева А.Д., Петров И.А., Ряховский А.П., Моисеев В.С. Исследование аломотермического восстановления диоксида титана в алюминиевом расплаве. «Литейщик России», 2019, №11, с. 8-12.

## **Исследование влияния термической обработки сплава ВЖ175ИД на выделение упрочняющей фазы в сварном шве после ротационной сварки трением**

Фозилев Т.Т.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бабайцев А.В.

МАИ, Москва

При рассмотрении вопроса роста эксплуатационных и технологических характеристик газотурбинных двигателей (ГТД) прежде всего речь идет о жаропрочных сплавах на основе никеля. В виду их сложного легированных химических составов (свыше 15 элементов, зачастую редкоземельными) на сегодняшний день они обладают наибольшими механическими свойствами [1].

Актуальной задачей также является снижение веса конструкций и уменьшение концентраторов напряжений, которыми являются болтовые соединения. Данную задачу обычно решают с помощью электронно-лучевой сварки, однако есть сплавы на основе никеля, которые склонны к горячему трещинообразованию, обусловлено это высоким содержанием  $\gamma'$ -фазы, которая играет главную роль в их упрочнении, поэтому ученые-инженеры внедряют сварку трением в твердой фазе [2].

Согласно литературному обзору, деформируемые полуфабрикаты соотносятся с понятием режима «сверхпластичности», это узкий интервал температур, в котором сплав наиболее склонен к пластическим деформациям. Для данного исследования был выбран сплав ВЖ175-ИД, кольцевые поковки из которого изначально получены вакуумно-индукционной выплавкой с последующим вакуумно-дуговым переплавом. После этого ротационная сварка трением колец выполнялась на установке ПСТИ 400. Затем с помощью электронно-эрозионного станка были вырезаны образцы для последующей термической обработки (ТО).

В ходе анализа микроструктуры было установлено, что  $\gamma'$ -фаза выявлена во всех образцах, различия были исключительно в форме ее частиц. Без ТО упрочняющая фаза также есть в зоне основного материала и слабо выражена в зоне термомеханического влияния (ЗТМВ), но полностью растворена в  $\gamma$ -твердом растворе в центре сварного шва (СШ). Наибольший положительный эффект оказал режим, находящийся в середине температурного интервала режима «сверхпластичности» для данного сплава.

Таким образом, можно подытожить тем, что закалка оказывает ощутимое влияние на выделения вторичной  $\gamma'$ -фазы. Особенно отмечается — двухступенчатая закалка и закалка в середине температурного интервала режима сверхпластичности. Также, предположительно, были образованы дополнительные вкрапления упрочняющих фаз в виду наличия редкоземельных элементов (РЗЭ) в химическом составе. Благодаря облагораживанию микроструктуры существует перспектива равнопрочности сварного соединения и материала основы.

Поддержка:

Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта Президента Российской Федерации МК-398.2022.4

Список используемых источников:

1. Лукин В. И., Ковальчук В. Г., Саморуков М. Л., Гриднев Ю. М., Жегина И.П., Котельникова Л.В. / Исследование влияния параметров сварки трением и термической обработки на качество сварных соединений жаропрочных деформируемых никелевых сплавов / «Сварочное производство», №4, 2011 г.
2. Елисеев Ю.С., Масленков С.Б., Гейкин В.А., Поклад В.А. Технология создания неразъемных соединений при производстве газотурбинных двигателей. М.: Наука и технологии, 2001, 544 с.

## **Анализ причин возникновения дефектов при изготовлении оребренных панелей и способы их устранения**

Фонарева В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиевич А.Р.

МАИ, Москва

Обеспечить требуемое качество изделия — это одна из самых труднодостижимых задач, стоящих перед изготовителями изделий для авиационно-космической техники. Прежде всего речь идёт о деталях ответственного назначения, которые соответствуют эксплуатационным свойствам изделия, а также способны гарантировать прочность и долговечность авиационного или космического аппарата.

В исследовании рассматриваются появления дефектов в оребренных панелях. Данные алюминиевые панели изготовлены с помощью технологии объёмной штамповки. Изучаются основные параметры технологического процесса и характер их воздействия на значение утяжины в готовой продукции.

Использование средств математического моделирования является неотъемлемой частью в исследовании технологических процессов металлургического производства. Для создания модели процесса пластического деформирования оребренных панелей была выбран программный комплекс QForm, позволяющий на основе метода конечных элементов не

только смоделировать процесс, но и оптимизировать проектирование цифрового производства.

Для действенного управления производственным процессом необходимо устанавливать взаимосвязь между исходными и полученными значениями, поэтому в данной работе применяется метод математического планирования, на основе которого определяются основные зависимости от технологических параметров процесса и толщины заготовки в работе к величине глубины утяжины.

В конечном итоге функциональное моделирование дает возможность устранить вероятность возникновения в готовом изделии возникновения утяжины в зоне чистового изделия, обеспечивая при этом минимальный припуск на механическую обработку.

Список используемых источников:

1. Галкин В.И., Палтиеви́ч А.Р., Евсеев П.С. Современные научно обоснованные подходы к моделированию технологических процессов обработки металлов давлением / Авиационная промышленность. 2012. № 3. С. 9-14.

2. Жаров М.В. Технологии производства орбренных авиационных панелей сложной формы / Технология машиностроения. 2006. №8. С.31-34.

3. РТМ 1.4.1644 — 86. Изотермическая объемная штамповка алюминевых и магниевых сплавов. Руководящий технический материал. М.: НИАТ, 1987. — 134с.

### **Инновационная технология штамповки дисков из мелкозернистого жаропрочного никелевого сплава ЖС6-КП в условиях сверхпластической деформации**

Хайрутдинова Р.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Федоров А.А.

МАИ, Москва

Изготовление дисков турбины из жаропрочных сплавов является одной из наиболее сложных технологических операций в цикле производства газотурбинных двигателей. Значительный вклад в решении проблем технологии может дать комплексное использование явления сверхпластичности и эффекта применения высоких гидростатических давлений при формоизменении.

Для осуществления высокоскоростной сверхпластической (СП) деформации сплава ЖС6-КП, с помощью горячего гидропрессования (ГПП) получена мелкозернистая (МЗ) структура с характерным размером зерен менее 7 мкм. При значительных гидростатических давлениях (ВД) обеспечена температура и скорость формоизменения соответствующие известным способам ОМД. СП деформация стабилизирует структуру материала.

В легированных жаропрочных никелевых сплавах (ЖНС), в том числе ЖС6-КП, однофазная структура отсутствует. Эффективность ГПП для перевода сплава в СП состояние надежно обеспечена. Для достижения структурной СП в ЖНС необходимо сформировать в изделиях МЗ, УМЗ или НК структуры. Структурная СП в ЖНС имеет место при следующих температурно-скоростных параметрах: температура  $0,8 \div 0,9$   $\theta_{пл}$  для МЗ, а для УМЗ и НК  $0,5 \div 0,7$   $\theta_{пл}$ . Диапазон скоростей деформации включает  $10^{-5} \div 10^{-2}$  с<sup>-1</sup>.

Формоизменение в условиях СП открывает также возможности повышения эксплуатационных свойств дисков из ЖНС. СП деформация, способствуя высокой однородности структуры, обеспечивает отсутствие разнородности после термообработки (ТО), которая резко ухудшает жаропрочность и является основным видом производственного брака при изготовлении изделий из жаропрочных сплавов. Механико-термическая обработка (МТО), происходящая при ГПП, изменяет размер, форму и ориентацию зерен, дислокационную структуру и строение границ.

После ГПП в сплаве ЖС6-КП сформирована комбинированная структура с МЗ компонентой, которая позволяет увеличить скорость деформации и уменьшить температуру СП. Значительные показатели СП сплава обеспечены для температур  $\theta = 1060 \div 1110$  0С и скоростей  $\xi = 5 \cdot 10^{-2} \div 4 \cdot 10^{-1}$  с<sup>-1</sup>. Удлинение достигло 370 %; значение деформационной

прочности сплава, уменьшено в  $7 \div 9$  раз, т. е.,  $\sigma_S = 64 \div 70$  МПа; параметр  $m > 0,45$ . ТО после СП деформации проводили в печи сопротивления. Условия ТО для сплава: нагрев до температуры 1210 °С, 5 часов, закалка и старение при 960 °С. В модельном диске наблюдается структура с размером  $\lambda$  — фазы 115 мкм, что отвечает требованиям. По результатам испытаний показана устойчивость прочности ( $\sigma_{100^{\circ}900} = 280$  МПа). Время разрыва образцов стабилизируется.

Технология штамповки дисков из представленного труднодеформируемого малопластичного материала состоит из комплекса ГПП при относительно низкой температуре ( $\theta = 1060$  °С) с целью формирования МЗ структуры. Затем осуществляется штамповка при ВГД ( $k < -3,7$ ) со скоростью ( $5 \cdot 10^{-2}$  с  $-1 \div 4 \cdot 10^{-1}$  с  $-1$ ) без применения изотермической оснастки. Получены 6 патентов. Изобретения можно применять при производстве штамповок для различных газотурбинных двигателей.

Деформация в режиме СП обеспечивает также рост эксплуатационных качеств деталей из ЖНС. СП деформация приводит к высокой однородности структуры, ведёт к отсутствию разнородности, которая значительно снижает жаропрочность.

Значительное уменьшение сопротивления деформации сплавов при воздействии повышенных давлений в режиме СП деформации позволит разрабатывать новые высокоэффективные способы обработки труднодеформируемых малопластичных сплавов.

Список используемых источников:

1. Колпашников А.И., Вялов В.А., Федоров А.А., Петров А.П. Горячее гидропрессование металлических материалов. — М.: Машиностроение, 1977.
2. Федоров А.А., Беспалов А.В., Комаров Р.С. Сверхпластичность жаропрочного никелевого сплава ЖС6 КП при высоких гидростатических давлениях. //ТЛС. 2022.

## **Исследование особенностей сварки разнородных сталей 12х18н10т и 40х**

Чернов Д.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Петров А.П.

МАИ, Москва

В настоящее время в конструкциях различных изделий всё чаще встречается необходимость соединения разнородных материалов и, в частности, сталей различного структурного состава. Это обусловлено тем, что применение разнородных материалов позволяет обеспечить функциональные свойства конструкции и одновременно снизить его стоимость, массогабаритные характеристики и т.д.

В работе изучались особенности сварки основной силовой конструкции из стали 40Х и рёбер из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Приварка рёбер осуществлялась ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом. Последующие испытания образцов на механическую прочность показали, что околошовная зона обладает существенно меньшей пластичностью, по сравнению с основным металлом и сварным швом. Вследствие этого при испытании на отрыв происходит разрушение конструкции по зоне термического влияния. Для определения структуры металла шва и околошовной зоны было проведено металлографическое исследование при увеличениях 10-200х после травления шлифов в 5% спиртовом растворе азотной кислоты. Также проводилось изучение твёрдости твёрдости металла шва и околошовной зоны. В результате было установлено, что рядом со сварным швом присутствуют структуры, обладающие значительно большей твёрдостью, что свидетельствует о возникновении структурных неоднородностей под воздействием термического цикла сварки. Попытка замены аргонодуговой сварки на контактную точечную, обладающую меньшим термическим воздействием в процессе сварки, не привела к существенным изменениям в структуре зоны термического влияния (ЗТВ). Кроме того, на шлифах были обнаружены следы выплеска металла, что вероятнее всего, было связано с перекосом деталей в процессе сварки. Таким образом, использование контактной точечной сварки потребовало бы применения специализированной жёсткой оснастки.

На основании этого, было предложено остановиться на использовании способов сварки плавлением и использовать более высококонцентрированный источник нагрева — лазерный

луч. Применение лазерной сварки позволило улучшить механические свойства сварных соединений из сталей 40X и 12X18H10T, за счёт уменьшения структурной неоднородности в ЗТВ. Проведённые металлографические исследования и исследование твёрдости сварного шва и ЗТВ показало существенно меньшее различие в структуре металла. Проведение отжига после сварки также должно улучшить механические свойства сварных соединений из сталей 40X и 12X18H10T.

На основании проведённых исследований была предложена технология сварки рассматриваемых разнородных сталей. Технология опробовалась на опытном образце. Проведённые испытания образца показало высокий комплекс механических свойств сварного соединения.

### **Усовершенствование технологического процесса сварки корпуса бака вытеснения из сплава алюминиевого сплава 1570**

Шумаев Е.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.

МАИ, Москва

Развитие мировой авиакосмической промышленности требует все больше перспективных разработок летательных аппаратов с улучшенными характеристиками. Особую роль в этом играют алюминиевые сплавы, которые могут сочетать в себе высокие показатели прочности и модуля упругости при низких показателях плотности. Сварные конструкции обеспечивают экономию металла, уменьшение массы соединительных элементов, снижение трудоёмкости изготовления за счёт вспомогательных операций, снижение стоимости технологического оборудования.

Технологии сварки должны обеспечивать высокое качество сварного соединения (в том числе и отсутствие дефектов), с минимальными затратами на производство. Актуальность данной темы состоит в том, что на сегодняшний день на предприятиях авиакосмической отрасли остро стоит вопрос повышения технических свойств и надёжности узлов летательных аппаратов. Поэтому использование более технологичного, чем сплав АМг6 сплава 1570 для изготовления узла «Корпус топливного бака вытеснения» позволит повысить механические характеристики и уменьшить процент брака.

В процессе эксплуатации сварочная конструкция должна быть герметичной, выдерживать вибрационные нагрузки и внутреннее давление, а также коррозионное воздействие агрессивной среды или отдельных её компонентов.

Для получения качественного сварного шва при сварке алюминиевых сплавов следует не допускать насыщения расплава различными газами, в особенности водородом. Это связано с тем, что при попадании в сварной шов избытки газа образуются поры, что ухудшает механические свойства шва. Причина появления пор — высокая скорость кристаллизации, при которой из расплавленного металла успевают выйти не все пузырьки газа. Во всех видах сварок алюминий крайне подвержен к появлению пористости. Для устранения этой проблемы предлагается производить регламентацию условий обработки свариваемых поверхностей и условий хранения.

Для устранения оксидных включений в металле швов рекомендуют различные технологические приемы, направленные на создание условий для перемешивания металла сварочной ванны и дробления оксидных пленок. В условиях аргодуговой сварки возможно удаление оксидной плёнки за счет катодного распыления. В связи с этим предложен наиболее рациональный способ сварки корпуса топливного бака — автоматическая дуговая сварка в инертном газе (аргон) неплавящимся электродом с подачей присадочной проволоки, обеспечивающий высокую стабильность свойств сварного соединения. В качестве питания дуги выбираем источник переменного тока Tetrix 451 AC/DC Synergic FW, обеспечивающий высокую стойкость вольфрамового электрода и надежное разрушение оксидной пленки на детали. Опираясь на источники информации и проведенные расчеты, подобраны рациональные параметры режима сварки для выбранного

варианта и соответствующее сборочное оборудование, реализующие процесс сварки в автоматическом режиме.

Список используемых источников:

1. Каблов Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // Авиационные материалы и технологии, 2012, № 5, с. 7–17.
2. Фридляндер И.Н. Алюминиевые сплавы в летательных аппаратах в периоды 1970-200 и 2001-2015 г.г. //Технология легких сплавов. 2002. №4. с. 12-17.
3. Ищенко А. Я., Лозовская А. В., Покляцкий А. Г., Яворская М. Р., Горлань Г. Н., Кайда Т. В. Структура и свойства соединений, полученных при сварке сплава АМг6 с использованием присадочных проволок со скандием//Автоматическая сварка. 1999. №4. С. 19-25.

## **Секция №8.3 Полимерные и углеродные композиционные материалы, технологии производства изделий из неметаллических материалов**

---

### **Структурообразование в фотополимеризующейся системе трет-бутилакрилат — СЭВА для аддитивных технологий**

Бажанов Д.А.

Научный руководитель — к.х.н. Потеряев А.А.

РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва

Аддитивные технологии становятся все более востребованными для непромышленного производства мелкосерийных деталей. Однако, в ряде случаев при эксплуатации изделий из коммерческих фотополимерных смол возникают проблемы, связанные с неудовлетворительными физико-механическими характеристиками. Одним из способов решения этих проблем является физическая модификация исходных фотополимерных смол термопластичными полимерами. Такие модификаторы не участвуют в химической реакции сшивания фотореактопластичной основы, но при этом могут полностью или частично растворяться в ней в исходном состоянии.

Ранее нами было показано, что сополимеры этилена и винилацетата (СЭВА) способны растворяться в трет-бутилакрилате (ТБА) [1]. Было установлено, что СЭВА-40 (40 мас.% винилацетата) является полностью совместимым с мономером ТБА при комнатной температуре. В этой связи, данный термопласт был выбран в качестве модификатора ТБА для дальнейших исследований фазовой структуры, возникающей при фотоотверждении.

Цель работы состояла в исследовании структурообразования в фотополимеризующейся системе ТБА — СЭВА-40. В качестве объектов исследования использовали жидкий мономер ТБА (Acros Organics, Бельгия), термопласт СЭВА-40 (Elvax®) (DuPont, США) и фотоинициатор Irgacure 819 (Macklin, Китай). Инициирование радикальной полимеризации проводили облучением композиции лазерным модулем с длиной волны 405 нм и мощностью 20 мВт при содержании 1 мас.% фотоинициатора.

Методом оптической интерферометрии *in situ* исследована эволюция фазовых равновесий в диффузионной зоне системы ТБА — СЭВА-40 в процессе отверждения при комнатной температуре. Построена модельная диаграмма фазовых состояний (ДФС) и прослежена ее эволюция в процессе химической реакции фотоотверждения. Показана кинетика движения изоконцентрационных плоскостей и появление усадочных деформаций в процессе отверждения. По ДФС определены концентрации формирования в системе различных типов фазовых структур. Методом сканирующей электронной микроскопии изучена структура композиций с заданными типами фазовой структуры (матрица-дисперсия и взаимопроникающие фазы), определяемыми концентрацией модификатора в системе. Исследовано влияние скорости химической реакции на структурные параметры отвержденных композиций.

На основании полученных результатов показана строгая корреляция концентрации компонентов в системе, определенной из модельной ДФС, и фазовой структуры отвержденных модифицированных систем. Установлено снижение размеров дисперсных фаз с ростом скорости химической реакции отверждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта 122011300053-8).

Список используемых источников:

1. Bazhanov D.A., Poteryaev, A.A., Shapagin, A.V., Shcherbina, A.A. Ethylene-Vinyl Acetate Copolymers as Potential Thermoplastic Modifiers of Photopolymer Compositions // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 1. P. 131.

## Освоение технологии изготовления алюмооксидного носителя катализатора разложения гидразина

Богданова Е.А.

АО «ОКБ «Факел», Калининград

В однокомпонентных жидкостных ракетных двигателях чаще всего для развития удельного импульса топливо разлагается на катализаторе с выделением тепловой энергии. Рабочим телом двигателей, выпускаемых АО «ОКБ «Факел», является гидразин, который разлагается с выделением смеси газов при контакте с двумя катализаторами: насыпным иридиевым и массивным молибден-ренийевым. На предприятии осваивается технология изготовления насыпного катализатора разложения гидразина. В рамках темы была разработана технология получения носителя для указанного катализатора.

К носителям катализатора разложения гидразина предъявляются требования по термической стабильности, площади удельной поверхности, а также динамической и статической механической прочности. В связи с чем требовалось разработать технологию, обеспечивающую сочетание указанных свойств.

В процессе работы были подготовлены образцы с простым и сложным составами: на основе активного оксида алюминия и его смеси с глиноземом, соответственно. Исходное сырье перемальвали до среднего размера частиц не более 4 мкм с помощью шаровой мельницы с размольными телами разных диаметров. С полученными порошками тонкого помола готовили формовочную массу с раствором азотной кислоты. Затем формовали гранулы с помощью ручного экструдера, выдерживали их на воздухе, сушили и отжигали. Часть образцов сразу отжигали при температуре 1000 °С, часть предварительно пропитывали раствором соли лантана с последующей термообработкой.

Модификация носителя осуществлялась в образцах с простым составом пропиткой солью лантана с целью замедления фазового перехода оксида алюминия в высокотемпературную форму (орторомбическую фазу) при высоких температурах, что реализуется за счет образования алюминатов лантана. Исходя из данных [1, 2], количество лантана составляло не более 9 %.

Модификация носителя в образцах со сложным составом осуществлялась еще на этапе подготовки формовочной массы, так как состояла в добавлении оксида кремния к смеси компонентов. Часть образцов со сложным составом дополнительно модифицировали пропиткой солью лантана.

Фазовый состав полученных на этапе разработки технологии изготовления носителя образцов исследовали с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-7 (излучение  $\text{Cu K}\alpha$ ). Образцы, полученные на основе смеси глинозема и активного оксида алюминия содержат кристаллизованные фазы орторомбического, моноклинного и кубического оксида алюминия. Носитель, изготовленный из активного оксида алюминия, содержит преимущественно фазу кубического оксида алюминия. При использовании оксида кремния для получения модифицированного носителя по фазовым дифрактограммам наблюдаются характерные дифракционные максимумы. Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют об образовании моноалюмината лантана для пропитанных раствором соли лантана образцов.

Для образцов носителя со сложным составом характерна низкая, хотя и допустимая требованиями, площадь удельной поверхности, и составляет порядка 30-40 м<sup>2</sup>/г. Статическая механическая прочность (определяется, как прилагаемая нагрузка в момент разрушения, отнесенная к площади проекции гранулы) составляла не менее 5 МПа. Для образцов носителя с простым составом площадь удельной поверхности была 60-70 м<sup>2</sup>/г, механическая прочность гранул — не менее 11 МПа.

Динамическая механическая прочность, определяемая при истирании, измерялась по изменению массы катализатора после вращения в цилиндрическом барабане с перегородкой в течение 5 минут (скорость вращения 60±5 об/мин), составляла для всех образцов не выше 0,5 %.

Снижение площади удельной поверхности для образцов, модифицированных лантаном и/или кремнием, после длительной выдержки при высоких температурах составила не более 20 %, тогда как для немодифицированных — выше 50 %.

В рамках работы была разработана технология изготовления носителей катализатора разложения гидразина, получены образцы с различным составом, исследованы их свойства. Для дальнейшего ведения работ по получению катализатора на носителе был выбран состав на основе активного оксида алюминия с лантаном в качестве модифицирующего агента по причине оптимального сочетания высоких требуемых характеристик и трудозатрат при его изготовлении.

Список используемых источников:

1. Ozawa M., Kimura M., Isogai A. Thermal stability and characterization of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> modified with rare earths // Journal of the Less Common Metals. 1990. Т. 162. №. 2. С. 297-308.

2. Исмагилов З. Р., Шкрабина Р. А., Корябкина Н. А. Алмооксидные носители: производство, свойства и применение в каталитических процессах защиты окружающей среды // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 1998. №. 50. С. 1-80.

### **Исследование неупругих свойств композиционных материалов с полиэтиленовой и углепластиковой матрицей, армированной проволокой из никелида титана**

Бурдин Д.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Гусев Д.Е.

МАИ, Москва

В работе исследовано влияние армирования проволокой из никелида титана на упругие и неупругие свойства матриц из полиэтилена (высокого и низкого давления) и углепластика. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки в протезно-ортопедической отрасли новых функциональных изделий из композиционных материалов, обладающих высоким уровнем эксплуатационных свойств и надежности. Клиническая практика использования существующих изделий показывает, что их функционально-корректирующие свойства не удовлетворяет медико-техническим требованиям из-за низких упругих свойств и слишком высокой демпфирующей способности.

Для исследований были выбраны образцы композиционного материала (КМ) с матрицей из полиэтилена низкого (ПНД), высокого давления (ПВД), углепластика. В качестве армирующего наполнителя использовали проволоку из сплава Ti-55,7вес.%Ni диаметром 2,5 мм для ПВД и ПНД, а также 1,0 и 2,5 мм для углепластика. Проволока при комнатной температуре проявляет высокие сверхупругие свойства. Проволочные заготовки в количестве 2 или 3 штук располагали между двумя листами полиэтилена и сваривали под давлением 8 Па при температуре 130 и 170 °С для ПВД и ПНД, соответственно. Размер образцов составлял 3×200×600 мм, а объемная доля армирующего наполнителя – 2,8 и 4,1 %. Для гибридных углепластиковых КМ проволочные полуфабрикаты в количестве от 2 до 12 штук располагали между слоями направленного углеволокна. Затем вакуумировали и нагревали в печи под давлением в 1 атм при температуре 120°С в течении 120 минут с последующим охлаждением 3°С/мин. Размер таких образцов составлял 200×25 мм, а объемная доля армирующего элемента составляла 12-20%. Для определения упругих и неупругих свойств (внутреннего трения – ВТ) образцы подвергали испытаниям на трехточечный изгиб на установке TIRAtest 2300, циклически нагружая и разгружая их в интервале усилий, изменяющихся от 0,1 до 1,0 величины предела пропорциональности материала.

У неармированных образцов ПНД модуль упругости равен 820 МПа, предел пропорциональности – 7,5 МПа, а соответствующая ему деформация – 1,0%, а у образцов ПВД – 225 МПа, 2,4 МПа и 1,2%, соответственно. Установлено, что при армировании полиэтилена все упругие характеристики полученного КМ возрастают приблизительно в 2,0

и в 3,0 раза при объемной доле армирования 2,8 и 4,1 %, соответственно. Это свидетельствует о положительном влиянии армирования на весь комплекс упругих свойств.

Экспериментально установлено, что в зависимости от архитектуры армирования проволокой из никелида титана и количества слоев углеволокна жёсткость гибридных КМ с углепластиковой матрицей в 2-20 раз больше, чем у неармированного углепластика. При сравнении КМ с многослойными углепластиковыми матрицами (не менее 5 слоев), имеющими в результате армирования равную жёсткость, отмечено расширение области их упругой (сверхупругой) деформации в 1,3-1,5 раз и повышение деформационной циклостойкости в 2-10 раз при увеличении объёмной доли армирования до 12-20%.

Величину ВТ оценивали по отношению величины рассеянной механической энергии к полной энергии деформации при изгибе образцов. Результаты циклических испытаний показали, что в течение 50 циклов нагружения образцов демпфирующие свойства полиэтилена и КМ не изменяются, оставаясь практически на одном уровне. При этом величина ВТ у образцов ПНД составляет 3,5%, а у образцов ПВД – 4,0%. Такие значения ВТ являются слишком высокими для ортопедических изделий. Поэтому при изготовлении ортопедических изделий такой материал не может обеспечить необходимый уровень функционально-корректирующих свойств. Армирование полиэтилена приводит к заметному снижению рассеяния материалом механической энергии и, следовательно, снижению ВТ. Для КМ с матрицей из ПВД величина ВТ уменьшилась в 2 раза, по сравнению с неармированным ПВД, а для КМ с матрицей из ПНД величина ВТ уменьшилась на 10-14% по сравнению с неармированным ПНД. Наблюдаемое снижение демпфирующей способности материала следует рассматривать как положительный эффект, для достижения которого и применяли армирование полиэтилена никелидом титана.

Для неармированного углепластика величина ВТ составляет 0,5-1,5% в зависимости от количества слоев углеволокна. При армировании углепластика проволоками из никелида титана значения ВТ увеличились в 3-10 раз. Такое увеличение демпфирующей способности материала показывает, что армирование никелидом титана может оказывать как позитивное так и негативное влияние на неупругие свойства углепластика.

Таким образом, проведенные исследования показали, что армирование ПВД и ПНД сверхупругой проволокой из никелида титана позволяет управлять комплексом упругих и неупругих свойств материала и создает возможности для изготовления ортопедических изделий с заданным уровнем функционально-корректирующих свойств.

## **Влияние дисперсного наполнителя на трещиностойкость и остаточную прочность после ударного воздействия углепластика**

Васильчук Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гуляев И.Н.  
НИЦ «Курчатовский институт»-ВИАМ, Москва

В настоящее время в авиационной отрасли широкое применение получили полимерные композиционные материалы. Возможности применения полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов (ЛА) зависят от выбора полимерной матрицы и армирующего наполнителя. Использование углеродных волокон в качестве армирующего наполнителя привело к созданию нового класса полимерных композиционных материалов — углепластиков.

Данный вид материалов обладает высокой удельной прочностью и высокой жесткостью, низким температурным коэффициентом линейного расширения и стойкостью к различным химическим средам (в том числе и воздействию агрессивных сред). Однако углепластики обладают рядом недостатков, ключевыми из которых являются низкая стойкость к ударным воздействиям, низкие значения трещиностойкости и межслоевой прочности.

Один из способов решения данной проблемы является введение в структуру полимерной матрицы различных модифицирующих добавок или дисперсных наполнителей.

Настоящее исследование посвящено изучению влияния модифицирования структуры углепластика на трещиностойкость и остаточную прочность после воздействия удара.

В качестве объекта исследовали углепластик на основе углеродного тканного наполнителя саржевого плетения и эпоксидной полимерной матрицы с термопластичным дисперсным наполнителем с различным соотношением компонентов. Результаты исследования показали, что при введении в состав эпоксидного связующего термопластичного дисперсного наполнителя в количестве от 6 до 8 % показатель трещиностойкости увеличивается более 50%, а остаточная прочность при сжатии после удара увеличивается на 10%.

Список используемых источников:

1. Иммаметдинов Э.Ш., Кондрашов С.В., Гуляев И.Н., Терехов И.В. Сравнительная оценка влияния модификации термопластичными порошками на величину остаточной прочности при сжатии углепластика // Все материалы. Энциклопедический справочник: науч.–технич. и производ. журн. 2022. №7 С.22–31. DOI:10.31044/1994-6260-2022-0-7-22-31.

2. Каблов Е.Н., Чурсова Л.В., Бабин А.Н., Мухаметов Р.Р., Панина Н.Н. Разработки ФГУП «ВИАМ» в области расплавных связующих для полимерных композиционных материалов // Полимерные материалы и технологии. 2016. Т.2. №2. С.37–42.

3. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения и цифровые технологии их переработки // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. № 4 С 331–334

4. Колобков А.С. Влияние нетканых термопластичных материалов на прочность слоистых полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2020. №9 (91). С. 44-51. DOI:10.18577/2307-6046-2020-0-9-44-51.

## **Гидрогели на основе гиалуроновой кислоты для пролонгированного высвобождения низкомолекулярных соединений**

Глотова Е.В.

Научный руководитель — доцент, д.х.н. Демина Т.С.

МАИ, Москва

Одной из перспективных лекарственных форм, обеспечивающих длительное высвобождение биоактивных веществ, являются гидрогели на основе природных полимеров. Полисахариды, в т.ч. гиалуроновая и альгиновая кислоты, вызывают особый интерес, т.к. они являются биodeградируемыми, биосовместимыми и одобрены для применения в медицине. Для получения гидрогелей из таких полисахаридов, содержащих ионогенные группы, используют низко- и высокомолекулярные ионогенные вещества.

Цель работы заключалась в исследовании скорости высвобождения модельного низкомолекулярного вещества (красителя кармина) из гидрогелей на основе гиалуроновой кислоты (ГК) и ее смесей с альгиновой кислотой (АК), а также исследование степени и скорости набухания в воде композиций АК/ГК. Гидрогели на основе ГК с молекулярной массой (ММ) 2.5 МДа и ее смесей с АК с ММ ~750 кДа получали путем гелирования 1% водных растворов натриевых солей ГК и АК в 2% водном растворе хлорида кальция и в 1% растворе хитозана с ММ 350 кДа в 2% СН<sub>3</sub>СООН. Варьировали соотношение ГК/АК (30/70, 50/50, 70/30 мас.%) в гидрогелях, а также условия гелирования: часть образцов была сшита с использованием только хлорида кальция, а часть дополнительно выдерживали в растворе хитозана. Краситель добавляли в исходную смесь полианионов до гелирования, а скорость его высвобождения из гидрогелей оценивали по изменению оптической плотности дистиллированной воды, в которую были помещены гидрогели при длине волны излучения 492 нм. Измерения проводили в течение 2-х недель с помощью фотометра КФ -3 — «ЗОМЗ» (г. Сергиев Посад, Россия).

Скорость высвобождения кармина выше из гидрогелей, сшитых только в хлориде кальция, чем у гидрогелей, выдержанных сначала в хлориде кальция, затем в хитозане. Такой результат можно объяснить образованием слоев полиэлектролитного комплекса на поверхности гидрогеля. Оптическая микроскопия гидрогелей показала, что поверхность гидрогелей, сшитых в хлориде кальция, имеет однородную морфологию, а после дополнительного выдерживания в растворе хитозана — неоднородную.

## Исследование функциональных свойств активной тепловой защиты на базе УККМ с комбинированной матрицей

Горохов А.С.

Научный руководитель — Погодин В.А.

МАИ, Москва

Разработка сверхвысокотемпературных (СВТ) материалов является приоритетной задачей в области создания сверхзвуковых летательных аппаратов. Высокая тепловая нагрузка при температурах до 2500 °С и выше создает предпосылки к поиску принципиально новых решений в части создания новых СВТ материалов.

Целью настоящей работы было исследование функциональных свойств активной абляционной тепловой защиты на основе СВТ углерод-керамического композиционного материала (УККМ), создаваемого в МАИ [1-3].

СВТ УККМ был получен на базе углеродных волокон из вязкого прекурсора с комбинированной пироуглеродной и керамической матрицей из тугоплавких соединений переходных металлов [1]. Образцы характеризовались открытой пористостью 40-45 %.

Проведены газодинамические испытания опытных образцов УККМ в скоростном высокоэнтальпийном потоке воздушной плазмы с реализацией температуры на лицевой поверхности в диапазоне 1400-2700 °С [3]. Окисление композита протекало в режиме абляции. Средняя скорость линейного уноса и средняя скорость потери массы за 300 секунд составили 0,0063 мм/с и 0,0062 г/с соответственно. Эти значения ниже аналогичных характеристик для используемого в настоящее время композита класса С/С в 1,7 и 1,6 раза при температуре на его лицевой поверхности 2400-2500 °С.

Вместе с тем тыльная поверхность образцов СВТ УККМ не нагревалась выше 1750-1800 °С, что свидетельствует о высоких теплоизоляционных (термобарьерных) свойствах созданного композита. По данным предварительного расчета величина коэффициента теплопроводности находится в интервале 0,28-0,30 Вт/(м·К).

По результатам исследования механических свойств прочность на изгиб составила порядка 27 МПа. Разрушение происходит в результате межслоевой деляминации по границе раздела «матрица-наполнитель».

Данные, полученные в настоящем исследовании, позволяют провести уточнения в отдельных стадиях технологического передела при изготовлении УККМ с тем, чтобы научиться управлять функциональными свойствами разработанного композита и перенести полученный результат с опытного образца на габаритное изделие.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258-П, <https://rscf.ru/project/22-79-41035/>.

Список используемых источников:

1. Горохов А.С., Диденко А.А., Сукманов И.В., Астапов А.Н. Технологические аспекты получения УККМ // Сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара «Аэрокосмическая декада». Алушта, 26 сентября — 02 октября 2021 — Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. С. 33–36.
2. Горохов А.С., Погодин В.А. Окислительная стойкость УККМ в статических условиях // Сборник тезисов работ XLVIII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2022». Москва, 12 — 15 апреля 2022 г. С. 525–526.
3. Сукманов И.В., Астапов А.Н., Погодин В.А., Ртищева А.С. Исследование окислительной стойкости УККМ в высокоскоростном потоке воздушной плазмы // Тезисы докладов 21 Международной конференции «Авиация и космонавтика». Москва, 21–25 ноября 2022 г. С. 476–478.

## **Экспериментальная оценка эффекта электростимулируемой «сухой» адгезии** Дегтярев С.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Козлов Н.А.  
МАИ, Москва

Электростимулируемая «сухая» адгезия, или просто электроадгезия (ЭА), представляет собой эффект электростатического притяжения между любой твердой поверхностью (подложкой) и диэлектрической панелью (адгезионной накладкой) со встроенным пленочным конденсатором гребенчатой или другой заданной конфигурации, на который подается высокое постоянное напряжение. Электроадгезионные панели или наклейки перспективны при использовании в робототехнических устройствах в качестве захватов, в частности, для сбора космического мусора, для перемещения по вертикальным стенкам, крепления и перемещения объектов условиях малой гравитации и т.п.

Сила сцепления между адгезионной накладкой и твердой поверхностью любой природы зависит от большого числа факторов, к которым, в 1-ю очередь, относятся полярность и деформативность диэлектрической (полимерной) основы наклейки, тип и геометрия встроенного пленочного конденсатора и подаваемого на него напряжения, а также природа подложки и условия окружающей среды (температура, влажность, запыленность).

Целью данной работы является разработка методов экспериментальной оценки сил сцепления адгезионной наклейки и подложки при нормальном отрыве и сдвиге. Электроадгезионная наклейка представляет собой плоский конденсатор из двух взаимопроникающих гребенок из золота с медным подслоем, изготовленных методом фотолитографии на полиимидной пленке ПМ-1 и покрытых тонким слоем эластичного полимера — полиуретана. Гребенки конденсатора имеют в плоскости размеры 24x18 мм с одинаковой шириной штырей и межштыревого пространства (60 мкм). Для определения сил сцепления адгезионной наклейки и твердой поверхности использована установка, включающая в себя источник высокого напряжения (марка CX-150A), позволяющий подавать напряжение от 1,5 до 5 кВ, вольтметр 85C1 для контроля напряжения, подаваемого на электроды и динамометр марки Mel-Marker, крепящийся к электроадгезионной наклейке и позволяющий определять усилие при нормальном отрыве или сдвиге наклейки от подложки с точностью измерения 0,4 Н. В качестве твердых подложек использовали поверхности картона, полипропиленового листа и медной пластины. Получены данные о влиянии подаваемого напряжения на величину сил сцепления.

Список используемых источников:

1. J. Guo, T. Bamber, M. Chamberlain, L. Justham and M Jackson. Optimization and experimental verification of coplanar interdigital electroadhesives // Journal of Physics D: Applied Physics. V. 49 — 2016

## **Получение углеродных наночастиц путем плазмозлектрохимического расщепления графита**

Долгушин Я.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Борисов А.М.  
МАИ, Москва

Целью работы является получение углеродных наночастиц путем плазмозлектрохимического расщепления графита. Применяли метод расщепления графита в деионизованной воде, описанный в работах [1-2]. В [1] два заостренных графитовых стержня, находящихся в деионизованной воде, расщеплялись под воздействием электролизной плазмы, создаваемой напряжением от 1 до 2 кВ и частотой от 10 до 60 кГц и длительностью 1-4 мкс. При меньшей приложенной электрической мощности были синтезированы многостенные графеновые структуры (МГС), при большей — луковичные углеродные структуры с диаметром от 2 до 16 нм.

В данной работе для формирования импульсов напряжения с наносекундным временем нарастания разряда в воде разработана схема на базе неуправляемого воздушного

разрядника с плоскими электродами и разрядная камера с графитовыми электродами и межэлектродным расстоянием ~ 80 мкм. В момент разряда конденсатор заряжался до 3,5 кВ. Частота импульсов составляла 100 Гц. Общее время обработки составило 30 минут. Вода за это время не нагревалась. Наибольшая эрозия графитовых электродов происходила вблизи токоподводов в виде образования на катоде губчатой морфологии. После получения суспензии были проведены исследования с помощью электронной микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния. Для этого были получены пленки на кремниевой подложке окунанием в водной суспензии продуктов расщепления графита с последующей сушкой при температуре 50°. Растровая электронная микроскопия показала наличие в конденсате типичные для графеновых материалов чешуйчатые морфологические образования. Планируется интегрировать данную методику получения графитовой суспензии для модифицирования поверхности электродов химических источников тока (ХИТ) и суперконденсаторов.

Список используемых источников:

1. Thanh D.V., Chen H-C., Li L-J., Chu C-W. & Wei K-H. Plasma electrolysis allows the facile and efficient production of graphite oxide from recycled graphite // RSC Advances. 2013. V. 3.: 17402.
2. Thanh D.V., Oanh P.P., Huong D.T., Le P.H. Ultrasonic-assisted cathodic electrochemical discharge for grapheme synthesis // Ultrasonics Sonochemistry. 2017. V. 34. P. 978–983.

### **Композиционные материалы на основе имитатора лунного грунта для изготовления строительных элементов на Луне**

Емельянов К.В.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

Предстоящее освоение человеком Луны требует решения вопроса создания долговременных жилых и технических помещений на ее поверхности. Для этого целесообразно использование местного сырья, в частности реголита, который в большом количестве покрывает поверхность Луны и представляет собой смесь порошкообразных частиц различного гранулометрического состава. Большое количество предложений по переработке лунного грунта в строительные элементы основаны непосредственно на его уплотнении и последующем спекании для создания первичных строительных элементов, таких как кирпичи и блоки. Однако реализация такой технологии требует большого количества энергии и создания мощных концентраторов солнечной энергии из-за высокой температуры спекания порошков реголита.

В качестве альтернативы предлагается создание порошкообразных высоконаполненных полимерных композиций (ПВПК) на основе реголита и полимерного термопластичного или терморективного порошка с существенно более низкой температурой спекания. При этом смесь различных фракций реголита должна подбираться таким образом, чтобы обеспечивать технологичность производства ПВПК при заданных пористости и эксплуатационных характеристиках, минимальных энергетических затратах и количестве доставляемых с Земли компонентов.

Цель работы заключалась в подборе фракций порошков имитатора лунного грунта (ИЛГ) для достижения максимальной плотной упаковки частиц, получении, уплотнении и спекании ПВПК на основе выбранной смеси порошков ИЛГ и термопластичного полимера с определением ее структуры, плотности и пористости на различных стадиях формирования.

Подбор фракций ИЛГ, обеспечивающих максимальную степень наполнения ПВПК, осуществляли ступенчатым методом с разделением порошков на фракции с помощью ситового анализа [1]. Для получения ПВПК использовали фракции порошка базальта бренда ETISSO, Германия, с разбросом размеров 600-300, 300-100, 100-50 и 50-40 мкм. В качестве термопластичной связки применили порошкообразный полиамид-6 марки X028 с размером частиц 40-50 мкм.

Установлено, что для получения оптимальной смеси порошков ИЛГ с максимальной объемной долей частиц (94% об.), т.е. с эффективной долей пустот 6 % об., необходимо сочетание указанных фракций в массовых процентах соответственно: 57,6; 27,0; 10,9 и 4,5. При получении ПВПК данную смесь фракций ИЛГ смешивали с порошком полиамида в соотношениях: 5, 8, 10, 13, 15, 20 масс. % и уплотняли при комнатной температуре при давлении 460 МПа. Получены микрофотографии шлифов и определены плотность и пористость ПВПК в соответствии с ГОСТ Р 56679-2015 после уплотнения (компаундирования) и спекания композиций.

Список используемых источников:

Наполнители для полимерных композиционных материалов: справ. пособие / Дж. Милевски, Г. Кац, Т.Х. Ферригно и др.; под ред. Г.С. Каца, Д.В. Милевски ; перевод с англ. С.В. Бухарова и др.; под ред. П.Г. Бабаевского. — М.: Химия, 1981. — 735 с.

## **Влияние шероховатости анизотропных пограничных поверхностей на переход полидоменной в монодоменную структуру сегнетоэлектрического жидкого кристалла**

Жукович-Гордеева А.А., Кузнецов А.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пожидаев Е.П.  
МАИ, Москва

Хиральные смектические С\* сегнетоэлектрические негеликоидальные жидкие кристаллы (С\*ЖК) представляют собой новое поколение электрооптических сред благодаря своему быстродействию, которая на два-три порядка выше, чем у нематических жидких кристаллов (НЖК).

Жидкокристаллические фотонные элементы (ЖК-ячейки) представляют собой слои жидких кристаллов толщиной в несколько микрометров, ограниченные шероховатыми анизотропными полимерными поверхностями, называемыми ориентантами. В таких ячейках существует граница раздела двух анизотропных сред: ориентанта и жидкого кристалла, которую чаще всего описывают в терминах поверхностного потенциала.

Обычно ориентацию поверхности ЖК-структур и оптическое качество ЖК-ячеек анализируют с точки зрения поверхностного потенциала. Для характеристики взаимодействия нехиральных жидкокристаллических структур с поверхностью используется одноосный потенциал, зависящий от угла между направлением натирания ориентанта и главной оптической осью ЖК. Этот потенциал называется поверхностным потенциалом Рапини [1]. А для хиральных структур смектических ЖК, которые являются двухосными, поверхностный потенциал будет двуосным [2].

Поверхностные потенциалы определяют для некоторой идеально плоской поверхности, обозначающей границу раздела. Однако реальные поверхности не являются идеально плоскими, поэтому энергия взаимодействия двух анизотропных структур (ЖК и ориентанта) не может быть описана известным образом через энергию сцепления, являющуюся производением работы адгезии и углового фактора отклонения оптической оси ЖК от направления натирания.

В качестве С\*ЖК был выбран жидкий кристалл FLC-497A [3], разработанный в ФИАН имени П.Н. Лебедева. В качестве материала для формирования ориентантов, нанесенных на прозрачные электропроводящие твердые подложки, использован известный полимер на основе полипиромеллитового диангидрида (ПМДА) и 4,4'-оксианилина (ОДА). Были приготовлены растворы этого полимера в диметилформамиде с концентрациями 0.1, 0.2, 0.25, 0.5, 0.7, 1.0, 1.3, 1.5, 1.6 и 1.7 мас.%. Растворы наносились на поверхность прозрачного полупроводника Indium Tin Oxide (ITO), напыленного на поверхность стеклянной подложки, который обычно используется в промышленности для изготовления устройств отображения информации. Ориентирующие слои формировали центрифугированием при скорости вращения вала центрифуги 3000 об/мин.

В качестве методов исследования использованы:

1) Атомно-силовая микроскопия (АСМ) — метод исследования наноструктурированной поверхности полимерного покрытия на основе полученных сканов.

2) метод измерения свободной поверхностной энергии, основанный на проецировании на экран капель тестовых жидкостей, для которых измерялся краевой угол смачивания поверхности ориентанта. Энергия свободной поверхности рассчитывалась по измеренным краевым углам с использованием уравнения Оуэнса-Вендта. В качестве тестовых жидкостей использовали глицерин и  $\alpha$ -бромнафталин.

С помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Certus Standard V была измерена не только шероховатость  $R_z$  поверхностей ПГО и ориентанта, но и толщина ( $L$ ) слоя ПМДА-ОДА на поверхности ПГО. В эксперименте варьировалась толщина ориентанта  $L$ , с увеличением от 0 до 34 нм шероховатость  $R_z$  его поверхности уменьшалась с 14,7 нм до 8,2 нм, а анизотропия свободной поверхностной энергии увеличилась с 0 до 3,3 мДж/м<sup>2</sup> при неизменной процедуре натирания поверхности. Эти постепенные изменения привели к скачкообразной трансформации полидоменной структуры С\*ЖК в ЖК-ячейке в монодоменную.

При любой толщине ориентанта его поверхность остается шероховатой, а величина  $R_z$  во всех случаях намного больше типичных длин молекул С\*ЖК (около 3 нм) и их диаметров (около 0,5 нм). Это означает, что взаимодействие молекул жидкого кристалла с пограничной анизотропной поверхностью ориентанта происходит не в какой-то воображаемой идеальной плоскости раздела, для которой определяется поверхностный потенциал (см., например, [2]), а во всем объеме ориентанта шероховатого слоя, для которого поверхностный потенциал не определен. Однако при смачивании поверхности тестовой жидкостью размер капель намного превышает шероховатость ориентанта. Поэтому вполне корректно использовать для определения свободной поверхностной энергии на гладкой поверхности уравнение Оуэнса-Вендта, а не уравнение Венцеля для шероховатой.

Нормирование анизотропии свободной поверхностной энергии на параметр шероховатости  $R_z$  позволяет наблюдать, что с уменьшением шероховатости анизотропия свободной энергии увеличивается. Следовательно, этот параметр можно использовать в качестве размерной оценки, иллюстрирующей переход от полидоменной к монодоменной структуре С\*ЖК.

Список используемых источников:

1. A. Rapini and M. J. Papoular, Distortion d'une lamelle nematicque sous champ magnetique d'ancrage aux parois, J. Phys. (Paris) Colloq. 30, C.4-54 (1969).
2. A. Kaznacheev, E. Pozhidaev, V. Rudyk, A. V. Emelyanenko, A. Khokhlov, «Biaxial potential of surface-stabilized ferroelectric liquid crystals», Phys. Rev. E 97, 042703 (2018).
3. E. P. Pozhidaev, V. G. Chigrinov, Yu. P. Bobilev, V. M. Shoshin, A. A. Zhukov, A. L. Andreev, I. N. Kompanets, Li Xihua, E. E. Gukasjan, P. S. Komarov, O. A. Shadura, H. S. Kwok Passively addressed FLC display possessing an inherent gray scale and memory, Journal of the SID 14/7, 2006.

## **Электропроводящие композиции на основе полиолефинов и углеродных нанотрубок для антистатической защиты полимерных трубопроводов**

Зверев А.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Марков А.В.

РТУ МИРЭА, Москва

Для решения задач антистатической защиты полимерных трубопроводов широко используют саженаполненные полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе технического углерода (ТУ) печных марок, которые входят в состав оболочки многослойных труб специального назначения [1]. Известно, что электрофизические характеристики ПКМ сильно зависят от природы и распределения наполнителя в материале [1-4]. В частности, высокодисперсные наночастицы углерода образуют в объеме композита протяженную и

непрерывную сеть электропроводящих каналов [2-3]. Однако для получения требуемой величины проводимости, необходимо использовать высоконаполненные ПКМ, где содержание наполнителя лежит в интервале от 20 до 35 масс.%, что в свою очередь приводит к увеличению прочности материала на разрыв, но также снижает максимальное значение параметра относительного удлинения [1]. Поэтому актуальным вопросом антистатической защиты полимерных трубопроводов является поиск более практичного и совершенного наполнителя для получения электропроводящих ПКМ.

Перспективной альтернативой ТУ являются углеродные нанотрубки (УНТ). В отличие от ТУ, они обеспечивают заданный комплекс электрофизических и физико-механических характеристик ПКМ при относительно малом содержании в материале. Другой важной особенностью УНТ является фибриллярная структура, которая облегчает образование электропроводящей сетки в объеме ПКМ по сравнению с углеродными частицами [1]. УНТ являются перспективной заменой ТУ при получении электропроводящих композитов, однако относительно саженаполненных ПКМ, материалы на основе нанотрубок изучены в меньшей степени. Таким образом представляет интерес изучение влияния УНТ на электрофизические и физико-механические свойства ПКМ для антистатической защиты полимерных трубопроводов.

В качестве объектов исследования выбрали ПКМ на основе ПЭ марки Снолен 0.26/51N и концентрата УНТ. Компаундирование материалов осуществили на двухшнековом экструдере при температуре 220 °С. Скорость вращения шнеков и дозатора соответственно 200 и 10 об/мин. Полученные образцы электропроводящих ПКМ содержали от 0 до 50 масс.% концентрата УНТ. Определение удельного объемного сопротивления  $\rho_v$  полученных ПКМ провели на стандартных образцах-пластинах в соответствии с ГОСТ 20214.74. Определение физико-механических характеристик при растяжении провели на стандартных образцах лопаток тип 1 на универсальной разрывной машине Zwick/Roell Z050 в соответствии с ГОСТ 34370-2017 (ISO 527-1:2012).

Анализ результатов электрофизических испытаний серии образцов электропроводящих ПКМ показал, что введение электропроводящего концентрата нанотрубок в ПЭ марки Снолен 0.26/51N в количестве 10 масс.% приводит к уменьшению показателя  $\rho_v$  с  $1.0 \cdot 10^{15}$  до  $2.7 \cdot 10^4$  Ом\*см. Увеличение содержания концентрата УНТ до 17 масс.% приводит к снижению показателя  $\rho_v$  с  $2.7 \cdot 10^4$  до  $1.6 \cdot 10^3$  Ом\*см. Дальнейшее увеличение содержания концентрата УНТ не оказывает значительного влияния на величину параметра удельного объемного электрического сопротивления. Было установлено, что значение показателя  $\rho_v$  для образца, содержащего 50 масс.% концентрата составило лишь  $1.0 \cdot 10^1$  Ом\*см.

В ходе физико-механических испытаний полученных образцов было установлено, что введение 10 масс.% концентрата нанотрубок в ПЭ марки Снолен 0.26/51N приводит к незначительному снижению показателя предела прочности  $\sigma_{pp}$  с 28.9 до 28.5 МПа. Дальнейшее увеличение содержания электропроводящего концентрата до 50 масс.% приводит к уменьшению прочности материала с 28.5 до 25.9 МПа.

В рамках работы было проведено исследование влияния концентрата УНТ на электрофизические и физико-механические характеристики электропроводящих ПКМ на основе ПЭ марки Снолен 0.26/51N для оболочек труб специального назначения. Исследование электрофизических характеристик позволило установить, что введение УНТ обеспечивает требуемые значения проводимости композиции уже при содержании 0.5 масс.%. Однако в это же время несколько уменьшается значение показателя предела прочности ПКМ при растяжении. Установлено что при содержании УНТ в количестве 0.9 масс.% значение параметра  $\sigma_{pp}$  уменьшается на 5 % относительно ненаполненного ПЭ.

Таким образом установлено, что УНТ можно успешно использовать в качестве альтернативы ТУ. Нанотрубки позволяют достичь требуемых электрофизических характеристик ПКМ при содержании наполнителя менее 1 масс.%. Однако стоит отметить незначительное снижение прочности ПКМ на основе концентрата УНТ. Обычно введение дисперсного наполнителя положительно сказывается на физико-механических

характеристиках композиции, но в данном случае можно наблюдать обратный эффект. Данный вопрос требует дальнейшего изучения и рассмотрения.

Список используемых источников:

1. Рагушина М.Д. и др. Полимерные композиционные материалы с антистатическими и электропроводящими свойствами // Пластические массы. 2021. № 3-4. С. 6-9.
2. Марков А.В., Чижов А.С., Марков В.А. Влияние характеристик полиэтилена на термоэлектрические свойства полиэтиленовых композитов с техническим углеродом // Пластические массы. 2021. № 5-6. С. 18-23.
3. Марков А.В., Гушин В.А., Марков В.А. Термоэлектрические характеристики электропроводящих композитов на основе смесей кристаллизующихся и аморфных полимеров с техническим углеродом // Пластические массы. 2019. № 1-2. С. 44-47.
4. Салахов И.И. и др. Влияние характеристик технического углерода на свойства концентратов полиэтиленового компаунда и труб на его основе // Пластические массы. 2017. № 11-12. С. 30-35.

### **Разработка пултрузионной оснастки для производства ленточных препрегов небольшой ширины на основе термопластичных полимеров**

Калиш П.Э., Фомичёва И.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Волгин В.М.

ТулГУ, Тула

Среди методов производства композитных материалах с полимерной матрицей, можно выделить методы, основанные на выкладке заранее подготовленных композиций — препрегов, представляющих собой полотно из ткани или волокна, предварительно пропитанных предкатализованной смолой при определённой температуре и давлении или термопластичным полимером (в зависимости от материала связующего). В процессе выкладки производится нагрев композиции, направленный на окончательную кристаллизацию смолы или расплавление термопластичного связующего. Препреги имеют высокое соотношение модуля упругости и прочности в направлении волокна, могут быть использованы для плоской и сложнопфильной автоматизированной выкладки по технологиям AFP и ATL [1], предназначенной для изготовления элементов изделий авиакосмической промышленности. Основой для изготовления волокнистых препрегов является ровинг, представляющий собой ленту непрерывного волокна, состоящий из филаментов и классифицирующийся по материалу, толщине и количеству филаментов.

В качестве основного метода изготовления препрегов применяют пултрузию — протягивание термопластичной композиции через пултрузионную головку. В зависимости от типа связующего различают пултрузию с использованием реактопластичных и термопластичных полимеров. В связи с этим определяют, как принципиальную схему оборудования, применяемого при производстве препрега, так и методику нанесения связующего.

К недостаткам пултрузии препрегов на основе реактопластов относят невозможность их вторичной переработки, низкую ударную вязкость и малый срок годности в связи с малым сроком хранения предкатализованного реактопласта. В связи с этим получил распространение метод пултрузии препрегов на основе термопластов, который так же не лишён недостатков: низкая производительность процесса в связи с высокой вязкостью наносимого расплавленного реактопласта и сложность пултрузионного оборудования. Оснасткой такого оборудования является пултрузионная головка и профилирующее устройство. Основываясь на существующих разработках [2] можно сделать вывод о том, что наиболее сложным конструктивом обладает пултрузионная головка так, как профилирующее устройство может быть представлено в виде подогреваемых вальцов (для широкого полотна препрега) или щелевой подогреваемой фильеры (для ленточного препрега).

Обычно на промышленном пултрузионном оборудовании изготавливают полотна препрега шириной 1070 и 1260 мм ( $\pm 10$  мм) и толщиной от 0.125 до 0.500 мм (в зависимости от степени армирования) [3], которые впоследствии разрезают на узкие ленты. Это позволяет получать ленты различной ширины из одного и того же полотна, но значительно удорожает производство, так как возникает необходимость в наличии большого количества катушек в шпулярнике, высокопроизводительного экструдера и сложной системы намотки и резки.

В связи с этим была сформирована цель работы, заключающаяся в разработке пултрузионной оснастки для производства ленточных препрегов небольшой ширины на основе термопластичных полимеров. В качестве исходных данных выступала размеры сечения ленточного препрега, процентное содержание волокна в препреге, материалы армирующего волокна и матрицы. Так же пултрузионная головка должна иметь возможность устанавливаться на имеющееся позиционирующее её оборудование — одношнековый экструдер модели LE-25-30/C, являющийся частью экструзионной линии для производства филамента для FDM-печати в лаборатории химии композитных и углеродных материалов (ХКиУМ) при Тульском государственном университете.

В результате автоматизированного проектирования пултрузионной головки была сформирована геометрия рабочей части, представляющей собой волнообразный канал, в котором осуществляется пропитка ровинга термопластом. Данная волнообразная геометрия позволяет осуществлять пропитку волокна за счет вдавливания расплавленного полимера в ровинг, протягиваемый по контактным поверхностям фильеры (вершины волнообразных пластин). Подача полимера в волнообразный канал осуществляется через 10 каналов питателей, расположенных в низинах волн канала.

Также был изготовлен и испытан прототип пултрузионной головки. В результате которых было получено несколько метров ленточного препрега на основе углеволоконного ровинга с матрицей из PA-6. Полученный препрег имел ширину  $8 \pm 0.5$  мм и толщину порядка 0.2 мм, а также достаточно хорошую пропитку полимером, что говорит о работоспособности разработанной оснастки. К недостаткам полученного препрега можно отнести наличие наплывов и излишнего количества полимера, что связано с отсутствием калибрующего устройства, идущего после пултрузионной головки. Так же в процессе пултрузии возникла необходимость в наличии устройства предварительного плоснения ровинга для его более равномерной подачи в пултрузионную головку. Данные огрехи определяют дальнейшие направления работ по разработке пултрузионной и вспомогательной оснастки.

Работа выполнена при финансовой поддержке комитета Тульской области по науке и инноватике в рамках соглашения №10 от 07.09.2022.

Список используемых источников:

1. Тимошков П. Н. Оборудование и материалы для технологии автоматизированной выкладки препрегов // *Авиационные материалы и технологии.* – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов НИЦ «Курчатовский институт», 2016 — №2 (41) — С. 35-39.

2. Патент № 2573674 Российская Федерация, МПК В29С 70/08 (2006.01). Термопластичный препрег, содержащий непрерывные и длинные волокна: № 2013102590/05; заявл. 22.06.2011; опублик. 27.01.2016 Бюл. № 3/ Малишевский Джереми Дж. (US), Джонсон Аарон Х. (US), Тибор Тимоти Л. (US); заявитель и патентообладатель Тикона ЭлЭлСи (US) — 26 с.: ил. — Текст: непосредственный.

3. U. K. Vaidya & K. K. Chawla (2008) Processing of fibre reinforced thermoplastic composites, *International Materials Reviews*, 53:4, 185-18.

## Реакционное взаимодействие в системах Mo-Si, Mo-Si-HfB<sub>2</sub> и Mo-HfSi<sub>2</sub>-SiB<sub>4</sub>

Матуляк А.И.

Научный руководитель — к.т.н. Астапов А.Н.

МАИ, Москва

Данная работа является продолжением исследований в области реакционного взаимодействия в порошковых композициях систем Mo-Si, Mo-Si-HfB<sub>2</sub> и Mo-HfSi<sub>2</sub>-SiB<sub>4</sub> с целью получения защитных покрытий на основе MoSi<sub>2</sub> на углерод-углеродных и углерод-керамических композиционных материалах.

Реакционный синтез *in situ* в системах Mo-Si и Mo-Si-HfB<sub>2</sub> проводили при температуре 1500 °С и давлении разрежения 8-9 мПа [1], а в системе Mo-HfSi<sub>2</sub>-SiB<sub>4</sub> — при 1620 °С и остаточном давлении аргона ~ 1 Па [2]. Структурные исследования выполняли с привлечением методов сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии и рентгеновского фазового анализа.

Установлено, что сформированный слой из порошковой композиции в системе Mo-Si имеет высокопористую каркасную структуру, основой которой являются зерна MoSi<sub>2</sub>. В нижней части слоя обнаружены низшие силициды молибдена Mo<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> и Mo<sub>3</sub>Si, а также в слое присутствует небольшое количество фазы Новотного Mo<sub>4</sub>,8Si<sub>3</sub>C<sub>0,6</sub>. Синтезированный слой из порошков в системе Mo-Si-HfB<sub>2</sub> имеет подобную каркасную структуру с проявлением эффекта «набухания». Фазовый состав слоя — MoSi<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, HfC и MoB. Структура представлена в основном частично спеченными зернами MoSi<sub>2</sub> с равномерно распределенными частицами HfB<sub>2</sub>. Фазы HfC и MoB обнаружены в небольшом количестве. Углерод, принимающий участие в образовании фаз Mo<sub>4</sub>,8Si<sub>3</sub>C<sub>0,6</sub> и HfC, в порошковые смеси не вводился. Его наличие связано с пиролизом органического связующего, используемого при приготовлении шликерных суспензий, и диффузией из подложки, в качестве которой использовали композит C/C-SiC класса.

При реакционном синтезе из порошковой композиции в системе Mo-HfSi<sub>2</sub>-SiB<sub>4</sub> сформирован высокопористый каркасный слой с фазовым составом MoB, MoSi<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub> и HfC (~ 2 мас. %). Установлено, что преобладающей фазой является MoB, значительная часть которой находится в верхней части полученного слоя. Фаза MoSi<sub>2</sub> преимущественно располагается в нижней части слоя, в некоторых областях заметно ее обволакивание MoB. Частицы HfB<sub>2</sub> относительно равномерно распределены по всей толщине слоя.

В работе предложены механизмы реакционного взаимодействия в системах Mo-Si, Mo-Si-HfB<sub>2</sub> и Mo-HfSi<sub>2</sub>-SiB<sub>4</sub>. Выявлены и проанализированы основные причины высокой пористости сформированных слоев.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01476, <https://rscf.ru/project/22-29-01476/>.

Список используемых источников:

1. Астапов А.Н., Матуляк А.И. Получение покрытий на основе MoSi<sub>2</sub> методом реакционного синтеза // Электротехнология — 2022. — №. 8. — С. 20–32. DOI: 10.31044/1684-5781-2022-0-8-20-32.

2. Матуляк А.И., Астапов А.Н., Прокофьев М.В., Терентьева В.С. Получение покрытий на УККМ из порошковой композиции Mo-HfSi<sub>2</sub>-SiB<sub>4</sub> методом реакционного синтеза *in situ* // Тезисы докладов 21 Международной конференции «Авиация и космонавтика». Москва, 21-25 ноября 2022 г. — М.: Издательство «Перо», 2022 — 8,06 Мб [Электронное издание]. — С. 458–460.

## **Зависимость вязкости от промежуточного соединения в процессе получения РЕКК для аддитивных технологий в авиастроении**

Миронов В.Г., Куликов А.П., Нестеров И.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Волгин В.М.

ТулГУ, Тула

В настоящее время в конструировании и моделировании авиатранспорта широко используются композиты и пластики. Данные материалы используются для облегчения конструкции. Очень важно добиться таких прочностных свойств и устойчивости к агрессивным средам, как и у металлов. Создание таких перспективных полимерных материалов, способных перерабатываться с применением аддитивных технологий, также способных отвечать нынешним требованиям по износу и прочности, является важнейшим этапом развития технологии высокомолекулярных соединений [1]. Среди таких материалов особое место занимают полиарилэфиркетоны, которые способны выдерживать условия высоких рабочих температур, повышенных механических нагрузок, агрессивных химических сред и высокоэнергетических излучений. Среди этого класса полимеров наибольшее внимание ученых привлекает полиэфиркетонкетон (далее ПЭКК) [2], благодаря своим свойствам может заменять такие популярные термопласты: поликарбонат, полиэтилентерефталат (PET), полиамид (PA), бутадиен-стирола (ABS), полиацеталь (POM) и другие.

Прогнозировать эксплуатационные свойства ПЭКК, можно на основе вязкости жидкого полимера, так как механические свойства неудовлетворительны при низкой молекулярной массе (вязкости).

В работе [3] описаны способы получения ПЭКК основанные на реакции электрофильного замещения между хлоридами ароматических кислот и ароматическими эфирами в присутствии кислоты Льюиса.

Первый способ основывается на использовании 1,4-бис(4-феноксibenзоилбензол) (эфиркетонкетонэфир) в качестве промежуточного соединения. Это соединение получено путем взаимодействия терефталойлхлорида и дифенилового эфира в присутствии кислоты Льюиса, такой как трихлорид алюминия ( $AlCl_3$ ).

Полученный данным способом ПЭКК имеет низкую вязкость ( $\eta = 0,48$  дЛ/г), следовательно, неудовлетворительные механические свойства для использования в авиастроении.

Второй способ основан на получение промежуточного соединения 1,4-бис(4-феноксibenзоилбензола) — Кислота Льюиса, который в последствии реагирует со смесью изофталойла и терефталойлхлорида приводящий к образованию комплекса полиэфиркетонкетон-кислота Льюиса.

После полимеризации комплекс диссоциирует путем контактирования с протонным растворителем с целью извлечения свободного полиэфиркетонкетона, в основном в твердой осажденной форме. Затем полиэфиркетонкетон отделяют от смеси продуктов с помощью фильтрации.

Полученный ПЭКК вторым способом в работе [2] имеет высокую вязкость ( $\eta = 0,77$  дЛ/г), соответственно высокую молекулярную массу, поэтому он может быть использован в создании деталей для авиастроения.

Работа выполнена при финансовой поддержке комитета Тульской области по науке и инноватике в рамках соглашения №10 от 07.09.2022.

Список используемых источников:

1. Шахмурзова К. Т. Синтез и свойства полиэфиркетона и сополимеров на его основе для применения в аддитивных технологиях: дис. — Кабардино-Балкарский государственный университет им. ХМ Бербекова, 2019.
2. Ibeh C.C. Thermoplastic Materials: Properties, Manufacturing Methods, and Applications — 2011. p. 539
3. Патент EP3438085A1. Process for producing polyether ketone ketone — 2017

## Перспективы развития биопластика в упаковке

Молчанова Ю.О., Войнов В.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Садреев Ф.Г.

МАИ, Москва

Производство биопластика является растущей тенденцией. Использование возобновляемых источников, в некоторых случаях в настоящее время растроченных, для замены нефтепродуктов, открывает возможности для достижения более экологически безопасных жизненных циклов продукции. Возможность производства биоразлагаемых продуктов в нормальных условиях окружающей среды является еще одной целью последних исследований.

Пластмассовые изделия являются третьим наиболее широко используемым применением нефти. В настоящее время от 4 до 10% имеющейся нефти используется для производства пластмасс. Использование этих материалов в последние годы породило новые экологические и экономические проблемы для правительств и промышленности. Ожидается, что как мировое производство, так и потребление биопластиков будут расти, в основном в сфере упаковки пищевых продуктов. В отличие от традиционных пластиков, биопластики получают из возобновляемых источников. Биопластики первого поколения получают из крахмалов или сахаров, таких как кукуруза, сахарный тростник, пшеница или соя. В биопластиках второго поколения в качестве сырья используется целлюлоза из сельскохозяйственных культур или промышленных процессов, такая как жмых сахарного тростника или опилки, а также другие промышленные отходы, такие как сыворотка. Биопластики могут быть как биоразлагаемыми, так и нет, что важно, поскольку некоторые виды использования требуют долговечности.

В последние годы возрос интерес к производству биопластиков из сырья второго поколения, чтобы избежать конкуренции с пищевыми продуктами. Использование лигноцеллюлозных отходов для получения этих материалов является правдоподобной стратегией не только потому, что она позволяет избежать этой проблемы, но и потому, что она также использует преимущества отходов (которые сегодня накапливаются или сжигаются на открытом воздухе), низкой стоимости и высоких затрат. доступность.

Лигноцеллюлозную биомассу можно перерабатывать различными способами для получения биопластиков, таких как полигидроксиполаноаты (PHA), полимолочная кислота (PLA) и биополиэтилен (BioPE). Кроме того, полисахариды этого сырья могут быть химически модифицированы для получения ацетата целлюлозы. Тем не менее, процессы получения биопластиков из биомассы по-прежнему очень дороги, поэтому многочисленные исследовательские группы работают над оптимизацией процессов для повышения жизнеспособности.

Достижения в области биопластиков включают использование нового сырья, оптимизированные производственные процессы и разработку новых продуктов, которые могут разлагаться по относительно короткий период. Кроме того, добавление биоразлагаемых добавок ускоряет биоразлагаемость и улучшает механические свойства биопластика.

Благодаря своим многочисленным преимуществам биопластики, по-видимому, способны произвести революцию в отрасли, как только стоимость их получения станет конкурентоспособной по сравнению с пластиками, полученными из нефти. Из-за сложности сырья необходимо постоянно оценивать их техническую и экономическую целесообразность. Тема интенсивно изучается во всем мире. Таким образом, в краткосрочной перспективе ожидается появление коммерчески конкурентоспособных технологий. По данным Европейского института биопластика, ожидается, что к 2022 году производство увеличится примерно до 2,44 млн тонн с учетом потребительских рынков, таких как упаковка (жесткие и гибкие контейнеры) и различные системы печати.

Композитные или биокомпозитные материалы широко изучались для приложений, в которых обычно используются пластмассы. Биокомпозиты обычно представляют собой смеси пластиковой матрицы с армирующим агентом, которым может быть натуральное

волокно, такое как древесные или другие растительные волокна, микрофибриллированная целлюлоза, нановолокна целлюлозы, лигнин или их комбинация.

Целлюлозно-бумажная программа (PROCYP) Института материалов Мисьонес (ИММ), Аргентина, совместно с RISE-PFI, Норвегия, работали над созданием композитных материалов с использованием биопластиков и целлюлозных волокон для 3D-печати (Ehman et al. . 2021). До сих пор 3D-структуры печатались с использованием оптимизированных смесей, включающих BioPE, PLA и PHA с волокнами, с использованием методов FDM и инъекций. Оценивались такие характеристики печатных структур, как механические свойства и водопоглощение. Наличие лигноцеллюлозных волокон позволяет повысить прочность и биоразлагаемость печатных структур.

Список используемых источников:

• Биопластик — будущее индустрии пластмасс [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

<https://www.products.pcc.eu/ru/blog/%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA-%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%B5-%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B8-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82/>

• Преимущества и недостатки биопластика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://crispy.news/2021/09/01/society/preimushhestva-i-nedostatki-bioplastika/>

• Биоразлагаемый пластик: варианты его производства, применения биопластика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://geostart.ru/post/7146>

## **Разработка технологии изготовления длинномерных препрегов**

Нестеров И.Н., Куликов А.П., Миронов В.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Волгин В.М.

ТулГУ, Тула

Полимерные композиты (ПКМ) — композиты, матрицей которых является полимерный материал, являются одним из самых многочисленных и разнообразных типов материалов. Их использование в различных отраслях дает значительные экономические преимущества.

Препреги могут быть получены путем пропитки непрерывной или тканой сети волокон матричной смолой, в результате чего получается эластичный и клейкий лист материала. Во время пропитки армирующие волокна пропитываются в матричную смолу контролируемым образом. Точные параметры волокон, ориентация и состав матричного материала могут быть отрегулированы для обеспечения оптимальных характеристик при использовании препрега по назначению [1].

Поверхностное натяжение трудно изменить, так как оно связано с составом связующего и свойствами материала. Вязкость же изменить относительно легко. Поэтому общеприняты в настоящее время варианты выбора процесса пропитки в основном основаны на изменении вязкости, которая является наиболее легко контролируемым параметром. Вязкость можно уменьшить техническими средствами, например, повышением температуры пропитки или разбавлением связующего растворителем. Использование пассивирующих растворителей в связующих с высокой вязкостью увеличивает проникновение наполнителя в структуру. Растворители снижают физико-механические свойства отвержденного продукта и должны быть удалены. Это делается во время сушки и частичного отверждения связующего. Однако на практике не удастся полностью удалить растворитель из пропитанного наполнителя, что приводит к увеличению пористости и хрупкости КМ. Повышение температуры связующего при пропитке приводит к снижению вязкости, но также вызывает процессы, увеличивающие вязкость, такие как интенсивное испарение растворителя из связующего и сшивание связующего. Таким образом, потенциал снижения вязкости в зависимости от температуры значительно снижается. Методы обработки давлением, такие как пропитка под давлением и вакуумная пропитка, также могут быть использованы для повышения эффективности процесса пропитки. Технические методы улучшения пропитки путем изменения давления

связаны с дополнительными конструктивными особенностями пропиточной машины, и существует несколько различных вариаций. В последние годы для улучшения пропитки используются различные физические ветви. Наиболее широко используются, как упоминалось выше, ультразвуковые колебания, передаваемые на наполнитель для улучшения качества пропитки, реже используются звуковые колебания (виброобработка) и магнитная обработка для улучшения смачиваемости связующего [2].

Новый метод пропитки предполагает перенос связующего вещества с основы на наполнитель и его встраивание в структуру наполнителя под воздействием давления и температуры. Также возможно изготовление многослойных деталей, т.е. пакетов с чередующимися слоями волокон и основного материала. Полученный пакет подвергается каландрированию, в результате которого связующее вдавливается в капилляры наполнителя под воздействием температуры и давления. Этот метод характеризуется высокой технологичностью и производительностью, а также значительным снижением выбросов в атмосферу. Во всех описанных случаях используется двухкомпонентная система из волокнистого наполнителя и раствора связующего.

Перспективным является использование лент и порошковых связующих, не содержащих растворителей. Внедрение и расширение применения волокнистых композитов требует новых процессов и оборудования для их производства, поскольку необходимы экономия топлива и энергии, защита окружающей среды и снижение потребления сырья. По сравнению с традиционным производством ламината, технология без растворителей позволяет снизить энергопотребление до 16 раз за счет исключения процесса сушки. Как упоминалось выше, для получения препрегов высокого качества наполнитель должен быть пропитан идеально, равномерно и без дефектов [3].

При использовании оборудования с цилиндрами особенностью пропитки наполнителя из расплава связующим является более высокая температура поверхности цилиндра (100-140 °С) и более высокое время контакта, а также увеличение диаметра цилиндров или их количества. Особенностью опытной технологии производства препрегов на основе термореактивного связующего в расплаве без органических растворителей является то, что плавление связующего, дозирование расплава и пропитка армирующего материала осуществляются в трех- или четырехвалковых каландрах.

Из этого можно сделать вывод, что пропитка армирующих наполнителей расплавом связующего в валковом формовочном оборудовании в настоящее время является наиболее перспективной технологией.

Список используемых источников:

1. Александров И.А., Малышева Г.В., Нелюб В.А. и др. Исследование поверхностей разрушения углепластиков, изготовленных по расплавной и растворной технологиям//Все материалы. Энциклопедический справочник, 2012, № 3, С. 7-12.
2. Нелюб В.А. Технологии производства деталей опор линий электропередач их эпоксидных связующих методами намотки // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. № 6. С. 25-29.
3. Бородулин А.С. Полиэфирные связующие для производства изделий из полимерных композиционных материалов методами прессования // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 10. С. 53-55.

### **Гибридные микрочастицы на основе полилактида и наночастиц гидроксипатита для поверхностно-селективного лазерного спекания**

Пермяков А.П., Минаева Е.Д.

Научный руководитель — д.х.н. Демина Т.С.

МАИ, Москва

В настоящее время полимерные микрочастицы активно применяются для создания трёхмерных структур с помощью аддитивных технологий, в т.ч. селективного лазерного спекания. Важной задачей является разработка микрочастиц, обладающих заданными свойствами и обеспечивающих возможность их спекания с формированием структур с

целевыми характеристиками. Для создания биodeградируемых трехмерных материалов часто применяют микрочастицы из полилактида, в состав которых можно дополнительно вводить наноразмерные частицы. Ранее было показано, что микрочастицы из полилактида, наполненные наночастицами гидроксипатита, можно получать методом испарения растворителя из эмульсии масло/вода [1]. Однако такие микрочастицы не подходят для формирования из них структур методом поверхностно-селективного лазерного спекания, для которого необходим гидрофильный компонент на поверхности полимерных микрочастиц [2]. В литературе приведены данные о возможности получения таких микрочастиц с использованием в качестве эмульгатора в водной среде эмульсии масло/вода поливинилового спирта (ПВС), адсорбирующегося на поверхности микрочастиц, однако ПВС неприемлем для дальнейшего использования микрочастиц и структур на их основе в медицине [3]. В связи с этим актуальной задачей является разработка гибридных микрочастиц, получаемых методом испарения растворителей из эмульсии масло/вода с использованием биосовместимых и нетоксичных эмульгаторов в дисперсионной среде.

Целью данной работы является разработка таким способом гибридных микрочастиц из полилактида и наночастиц гидроксипатита по методике описанной в [1], но с использованием биodeградируемого эмульгатора в дисперсионной среде. На первом этапе работы была оценена эффективность различных биополимеров (полисахаридов и белков) в качестве эмульгатора при получении микрочастиц из полилактида. Результаты гравиметрического анализа показали, что среди всех исследованных биополимеров с точки зрения выхода микрочастиц наиболее перспективно использовать  $\beta$ -лактоглобулин. Исследовано влияние  $\beta$ -лактоглобулина в дисперсионной среде на выход и распределение по размерам и морфологию гибридных микрочастиц из полилактида, наполненных наночастицами гидроксипатита. На втором этапе работы оценено влияние состава гибридных микрочастиц на возможность формирования из них трехмерных структур методом поверхностно-селективного лазерного спекания.

Список используемых источников:

1. Minaev N. v. и др. Controlled Structure of Polyester/Hydroxyapatite Microparticles Fabricated via Pickering Emulsion Approach // *Polymers (Basel)*. 2022. Т. 14. № 20.
2. Minaev N. v. и др. The Evolution of Surface-Selective Laser Sintering: Modifying and Forming 3D Structures for Tissue Engineering // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2020. Т. 84. № 11. С. 1315–1320.
3. Sahoo S. K. и др. Residual polyvinyl alcohol associated with poly (D,L-lactide-co-glycolide) nanoparticles affects their physical properties and cellular uptake // *Journal of Controlled Release*. 2002. Т. 82. С. 105–114.

## **Регулирование фазовой структуры в отверждающейся системе ПКЛ–ЭД-20**

Плюснина И.О.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина (ИФХЭ РАН),  
Москва

В качестве объектов исследования использовали эпиксидный олигомер (ЭД-20), поликапролактон (ПКЛ) с молекулярной массой ( $M_n$ )  $45 \times 10^3$  г/моль и отверждающий агент 4,4'-диаминдифенилсульфон (ДДС).

Методом ДСК изучена кинетика химической реакции отверждения в системе ПКЛ–ЭД-20+ДДС в диапазоне температур от 150 до 200 °С. Построена кинетическая зависимость изменения степени конверсии эпокси групп. Методом интерферометрии исследованы диффузионные зоны отверждающейся системы ПКЛ–ЭД-20+ДДС. Показано, что в зоне взаимодиффузии в процессе отверждения появляется фазовая граница в результате снижения молекулярной подвижности вследствие формирования пространственной сетки химических связей. Определена концентрация ПКЛ в начальный момент появления фазовой границы в смеси ПКЛ–ЭД-20+ДДС при температурах исследования (отверждения),

соответствующая композиции, характеризующейся фазовой структурой типа взаимопроникающие фазы.

Исследована кинетика движения изоконцентрационных плоскостей в диффузионной зоне. Показан линейный характер кинетических зависимостей, говорящий о диффузионном механизме смешения во всем выбранном диапазоне температур на начальных стадиях смешения до точки гелеобразования. Установлено, что фазовый распад происходит при степенях конверсии выше точки гелеобразования. Исследовано в циклах нагревания и охлаждения смешение ПКЛ с аддуктами ЭД-20–ДДС (степени конверсии от 0.3 до 0.6), моделирующими различные стадии отверждения. Построена диаграмма фазовых состояний. Показано, что отверждающаяся система относится к классу систем со смешанным аморфно-кристаллическим равновесием и характеризуется НКТС. Установлено, что с ростом степени конверсии гетерогенная зона расширяется, а НКТС смещается в сторону уменьшения температуры.

Исследования фазовой структуры отвержденных при различных температурах систем ПКЛ–ЭД-20+ДДС проводили методом сканирующей электронной микроскопии. Показана корреляция прогнозированной фазовой структуры на основании данных о концентрации фазовой границы со структурой отвержденной композиции.

Отметим, что система с фазовой структурой типа взаимопроникающие фазы сочетает в себе свойства, характеризующие оба компонента. Так непрерывная фаза, обогащенная оксидом, придает материалу конструкционные свойства, а непрерывная фаза, обогащенная ПКЛ, биоразлагаемые.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта 122011300053-8).

### **Фазовые равновесия и взаимодиффузия в трехкомпонентной системе эпоксидный олигомер — термопласт — активный разбавитель**

Пономаренко А.Д.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

ИФХЭ РАН, Москва

Эпоксиполисульфоновые смеси широко применяются в качестве связующих волокнистых конструкционных материалов. Однако несмотря на повышение физико-механических свойств эпоксидного полимера при введении в него полисульфона, снижается технологичность таких систем в следствие значительного повышения вязкости. Ухудшение смачиваемости волокна высоковязким связующим сопровождается снижением адгезионных характеристик на межфазной границе волокно — связующее, что связывается на физико-механических свойствах композиционного материала. Одним из способов снижения вязкости таких систем, без изменения природы связующего является введение в них активных разбавителей, характеризующихся низкой молекулярной массой и одной эпокси группой. В этой связи актуальной является задача исследования структурообразования в таких трехкомпонентных системах в процессе отверждения. С этой целью в данной работе исследованы фазовые равновесия и взаимодиффузия в исходных эпоксиполисульфоновых смесях с активным разбавителем.

В качестве объектов исследования использовали диановый эпоксидный олигомер марки ЭД-20 (ООО «СИПО», Россия), алкил глицидиловый эфир C12-C14 (ООО «СИПО», Россия) и полисульфон марки ПСК-1 (АО «Институт пластмасс», Россия).

Методом оптической интерферометрии исследована растворимость бикомпонентных и тройных систем, а также изучена кинетика движения изоконцентрационных плоскостей в диффузионных зонах. Методом оптической рефрактометрии получены температурные зависимости показателей преломления чистых компонентов и их смесей в широком концентрационном диапазоне. Методом оптической микроскопии подтверждены гомогенная и гетерогенная области трехкомпонентной фазовой диаграммы.

Получены зоны взаимодиффузии бикомпонентных систем, в которых один из компонентов представлял собой смесь двух исследуемых компонентов. Показано, что в зоне взаимодиффузии трехкомпонентных систем показатель преломления меняется плавно в гомогенных областях и движение изоконцентрационных полос подчиняется зависимости  $X \sim t^{1/2}$ , что свидетельствует о диффузионном механизме смешения всех трех компонентов. Построены двухкомпонентная фазовая диаграмма системы полисульфон — алкил глицидиловый эфир, а также трехкомпонентная фазовая диаграмма смеси эпоксидный олигомер — полисульфон — алкил глицидиловый эфир. Установлено, что полученные диаграммы относятся к классу диаграмм с аморфным расслоением и характеризуются ВКТС. Определены критические параметры диаграмм фазовых состояний и рассчитаны коэффициенты взаимодиффузии компонентов, определяющие технологические режимы смешения компонентов. Полученные гомогенные и гетерогенные области фазовой диаграммы трехкомпонентной смеси подтверждены микроскопическими исследованиями фазовой структуры соответствующих систем.

На основании полученных данных смешения исходных компонентов тройной эпоксиполисульфоновой системы с активным разбавителем в дальнейшем будут изучены эволюция фазовой диаграммы и изменение диффузионных констант в процессе отверждения, определяющие процессы структурообразования при формировании фазовой структуры композиций.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта 122011300053-8).

### **Влияние времени выдержки высокотемпературной обработки на структуру кокса и технические характеристики УУКМ**

Родионова А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бухаров С.В.

МАИ, Москва

Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) широко используются в авиационной и ракетно-космической технике благодаря их низкой плотности по сравнению с металлическими или керамическими материалами, высокой прочностью при повышенных температурах, низкими коэффициентами линейного расширения и высоким коэффициентом теплопроводности, стойкостью к тепловому удару [1].

УУКМ представляют собой сочетание многонаправленного углеродного волокнистого армирующего каркаса и углеродной матрицы в виде коксовых остатков карбонизированных или графитированных нефтяных, каменноугольных пеков, синтетических смол или пиролитического углерода. Традиционно операции пропитки каркаса и карбонизации матрицы осуществляют под давлением (ПКД). При этом в объеме матрицы формируется система замкнутых пор, снижающих плотность УУКМ и показатели его эксплуатационных свойств. Для их «вскрытия» проводится высокотемпературная обработка (ВТО) заготовок без давления, что позволяет осуществить дополнительные стадии пропитки материала углеродобразующими прекурсорами и их карбонизацию, что способствует предельному уплотнению заготовок и достижению заданной плотности углеродного материала, его тепло- и электропроводности, а также снижению скорости окисления и повышению устойчивости к термозероизонному уносу материала [2,3].

В настоящей работе рассмотрены результаты исследования влияния температурно-временных режимов ВТО без давления на изменение параметров кристаллической структуры кокса из высокотемпературного пека, сформировавшегося после проведенного в газостате процесса ПКД в УУКМ на основе стержневого каркаса из углеродных волокон, а также на плотность и теплопроводность полученных УУКМ. Изучение влияния условий ВТО на кристаллическую структуру кокса в заготовках, отобранных после ПКД из контейнера газостата с верхней и нижней его частей и прошедших ВТО при температуре выше 2000 °С от 1 до 4 циклов с продолжительностью каждого 60 минут, показало, что кокс

приобретает трёхмерно-упорядоченную структуру со значительным возрастанием размеров кристаллитов ( $L_c$  — от 1,4 до 24 нм, а  $L_a$  — от 1,8 до 49 нм) и отношения  $H/C$  в нем уменьшается с 1,13 до 0,01. При этих условиях ВТО плотность УУКМ увеличивается до  $1,93 \text{ г/см}^3$ , а коэффициент теплопроводности до  $60 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ .

Список используемых источников:

1. Бушуев Ю.Г., Персин М.И., Соколов В.А. Углерод-углеродные композиционные материалы: Справочник. М.: Металлургия, 1994. С. 128.
2. Малько Д.Б. Способы совершенствования технологии объемно армированных композиционных углерод-углеродных материалов: дис. канд. техн. наук: 05.17.11/ Малько Д.Б. — М., 2000 — С. 160.
3. Шурик А.Г., Бушуев В.М., Панов П.И. Технологические особенности изготовления деталей тепловых узлов из УУКМ //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. — 2013. — №. 34. — С. 96-107.

### **Модифицирование поверхности полимерных пленок в низкотемпературной плазме для улучшения газоразделительных свойств**

Розанова Н.Н., Зиновьев А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Симонов-Емельянов И.Д.  
РТУ МИРЭА, Москва

Мембранный метод разделения в отличие от других методов является более экономичным и имеет большую эффективность для очистки газов. Мембраны на основе поливинилтриметилсилана (ПВТМС) нашли широкое применение во многих отраслях промышленности, это связано с тем, что из данного полимера можно получить асимметричную мембрану [1].

В настоящее время одним из наиболее распространённых способов модификации полимерных пленок является обработка в низкотемпературной плазме. При помощи обработки в плазме появляется возможность увеличить уровень селективности мембран, в частности, по паре  $O_2/N_2$ . Это в дальнейшем позволяет использовать такие мембраны в промышленности. При обработке пленок ПВТМС в разряде постоянного тока на аноде значительно увеличился коэффициент идеальной селективности с 3,8 до 10 по паре  $O_2/N_2$ , что является отличным показателем по данной паре [2]. В связи с этим было решено рассмотреть влияние модификации поверхности на газоразделительные свойства у других кремнийорганических пленок, а именно полидиметилсилоксана (ПДМС) и полинорборнена.

В работе использовались пленки из ПВТМС, ПДМС и полинорборнена. Пленки модифицировали в разряде постоянного тока на аноде, давление рабочего газа 15 Па, ток разряда 50 мА, время 30 секунд. После обработки пленки ПВТМС ее гидрофобная поверхность (угол смачивания по воде  $\theta=100^\circ$ ), стала гидрофильной (угол смачивания  $\theta=8^\circ$ ), эффект от обработки сохраняется продолжительное время, через 40 суток угол смачивания увеличивается только до  $32^\circ$ . Обработанная поверхность полинорборненовых пленок, также остается гидрофильной. После обработки угол уменьшается с  $90^\circ$  до  $8^\circ$ , после 40 суток хранения он увеличился до  $30^\circ$ . Однако коэффициент идеальной селективности по паре  $O_2/N_2$  увеличился с 2,6 до 4, что не является выдающимся улучшением свойств, однако явно показывает положительный эффект плазмохимического модифицирования. Такой низкий результат, может быть связан с длительным хранением пленки (в течении 6 месяцев) до ее обработки, что могло повлиять на результат. У пленок ПДМС краевой угол смачивания после обработки уменьшился с  $90^\circ$  до  $14^\circ$ , однако спустя сутки он возвращается к исходному значению. Можно предположить, что из-за низкой температуры стеклования ПДМС в нем менее затруднено движение сегментов молекулы, из-за чего сегменты с функциональными группами перемещаются в глубь матрицы, меняясь местами, не соединёнными с функциональными группами, и как следствие, краевой угол смачивания быстро возвращается к исходному. В то время как, температура стеклования ПВТМС ( $T_{ст}=155^\circ\text{C}$ ) значительно выше, чем у ПДМС ( $T_{ст}=-130^\circ\text{C}$ ), из-за чего сегменты движутся медленнее, и

краевой угол смачивания меняется постепенно. В связи с этим исследование газоразделительных свойств ПДМС не проводилось.

Список используемых источников:

1. Бекман И.Н. Мембраны в медицине/Курс лекций. — Исток, Москва 2009. — 502 с.
2. А.В. Зиновьев Модифицирование поливинилтриметилсилана в разряде постоянного тока / А.В. Зиновьев М.С. Пискарев, Е.А. Скрылева, Б.Р. Сенатулин, А.К. Гатин, А.Б. Гильман, Д.А. Сырцова, В.В. Тепляков, А.А. Кузнецов // ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ, 2021, том 55, № 5. — С. 410–416

## **Анализ зависимости механической прочности УУКМ в условиях объемного выгорания матрицы**

Сандин А.С.

Научный руководитель — Погодин В.А.

МАИ, Москва

Одной из базовых задач материаловедения является построение парадигмы материала — связи между структурой, технологией получения, свойствами и применением материала. Исследование низкотемпературного окисления углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) позволяет определить, как образование пор при выгорании влияет на механические характеристики композита.

Гетерофазная структура УУКМ предполагает, что окислительная стойкость матрицы и углеродных волокон существенно различается. При температуре 600 °С низкая окислительная стойкость матрицы на основе пиролизованного остатка фенолформальдегидной смолы приводит к объемному выгоранию композиционного материала при неизменных внешних размерах. Это обстоятельство было использовано при анализе кривых разрушения УУКМ при испытании на трехточечный изгиб.

Для оценки структурных изменений применяли аналитическую модель для определения интегрального радиуса пор [1]. По данным измерений открытой пористости и удельной поверхности было вычислено изменение интегрального радиуса пор при окислении УУКМ [2, 3]. Установлено, что процесс окисления можно представить как совокупность параллельно протекающих и конкурирующих между собой процессов — образования и роста пор. Исходя из соотношения скоростей этих процессов, выделено три стадии. Стадия I — скорость образования пор выше скорости их роста. Стадия II — скорости образования и роста пор приблизительно равны. Стадия III — скорость образования пор ниже, чем скорость их роста.

По результатам испытаний на трехточечный изгиб образцов УУКМ, подвергнутых различной степени окисления при 600 °С на воздухе, проанализировано влияние пористости на предел прочности, модуль Юнга и деформацию. Анализ полученных данных показал, что экспоненциальное снижение предела прочности и модуля Юнга от потери массы является результатом потери контактного взаимодействия на границе раздела матрица-наполнитель в результате выгорания матрицы композиционного материала. Таким образом, можно сделать вывод об адгезионном характере разрушения УУКМ за счет селективного выгорания матрицы на основе пиролизованного остатка фенолформальдегидной смолы ввиду его низкой окислительной стойкости.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00352, <https://rscf.ru/project/22-19-00352/>.

Список используемых источников:

1. Сандин А.С., Матуляк А.И., Астапов А.Н. Оценка структурных изменений УУКМ путем определения интегрального радиуса пор // Сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара «Аэрокосмическая декада». Алушта, Республика Крым, Россия, 26 сентября — 02 октября 2021 г. — Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. — С. 132–135.

2. Pogodin V.A., Astapov A.N., Eremkina M.S., Babaytsev A.V., Rabinskiy L.N. Investigation of the low-temperature oxidation effect on the structure and mechanical properties of C/C composite // *Nanoscience and Technology*. — 2021. — Vol. 12, No 3. — P. 29–46. DOI: 10.1615/NanoSciTechnolIntJ.2021037997.

3. Сандин А.С., Погодин В.А. Анализ зависимости механической прочности УУКМ от величины интегрального радиуса пор // Сборник тезисов работ XLVIII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2022». Москва, 12 — 15 апреля 2022 г. — М.: Изд-во «Перо», 2022. — 6,76 Мб. [Электронный ресурс]. — С. 544–545.

## Технологические аспекты получения УККМ с комбинированной матрицей

Сукманов И.В.

Научный руководитель — к.т.н. Астапов А.Н.

МАИ, Москва

Обеспечение тепловых режимов неохлаждаемых элементов конструкций скоростных летательных аппаратов и их двигательных установок связано с разработкой и внедрением новых сверхвысокотемпературных композиционных материалов и защитных покрытий. Ранее нами была предложена и апробирована технология получения опытных образцов углерод-керамического композиционного материала (УККМ) с комбинированной матрицей [1, 2]. Армирующей составляющей выступала углеродная ткань на основе гидратцеллюлозы (вискозы). В качестве связующего применяли разработанный кремнийорганический полимер на основе полиорганосилазановой смолы 143-115 (раствор полидиметилфенилсилазана в толуоле). В качестве наполнителя использовали порошковую композицию в системе  $\text{Hf-Nb-TiC-TiB}_2\text{-B}_4\text{C}$ . В результате матрица УККМ была представлена частично спекленной керамикой в системе  $\text{HfB}_2\text{-NbB}_2\text{-TiB}_2\text{-HfC-NbC-TiC-B}_4\text{C}$ , пиролизическим углеродом и пиролизным остатком связующего —  $\text{SiC}$  (~ 8,5-9 мас. %) и аморфизированным углеродом. Образование газообразных продуктов ( $\text{N}_2$  и  $\text{CO}$ ) при высокотемпературной термической обработке по причине взаимодействия в системах  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-C}$  и  $\text{SiO}_2\text{-C}$  приводило к потере массы заготовок до 25-30 мас. % и к увеличению открытой пористости до 40-45 %. Это являлось причиной низких механических характеристик УККМ (предел прочности и модуль упругости при поперечном изгибе 27,5 МПа и 8,5 ГПа соответственно, предельные деформации — 0,6 %) и низкого коэффициента теплопроводности (0,28-0,30 Вт/(м·К)). С целью снижения пористости, увеличения сплошности структуры и, как следствие, уменьшения газопроницаемости УККМ (особенно для эксплуатации в условиях повышенного давления окислительной среды) и повышения механических характеристик проведено исследование по замене кремнийорганического связующего на фенолформальдегидную смолу марки СФ-010. Выполнена интеграция технологического процесса изготовления УККМ в промышленный производственный процесс получения изделий из углерод-углеродного композиционного материала. Изготовлены опытные образцы УККМ, характеризующиеся значениями открытой пористости 3-5 %, пределом прочности и модулем упругости при поперечном изгибе 84,8 МПа и 23,4 ГПа соответственно, предельными деформациями — 1,36 %. Обсуждаются особенности морфологии структуры полученного УККМ, его окислительная и абляционная стойкость в условиях взаимодействия со скоростным потоком воздуха (300 м/с) при реализации температуры на поверхности в интервале 2000-2400 °С. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258-П.

Список используемых источников:

1. Горохов А.С., Диденко А.А., Сукманов И.В., Астапов А.Н. Технологические аспекты получения УККМ // Сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара «Аэрокосмическая декада». Алушта, Республика Крым, Россия, 26 сентября — 02 октября 2021 г. — Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021 — С. 33–36.

2. Сукманов И.В., Астапов А.Н., Погодин В.А., Ртищева А.С. Исследование окислительной стойкости УККМ в высокоскоростном потоке воздушной плазмы // Тезисы докладов 21 Международной конференции «Авиация и космонавтика». Москва, 21 — 25 ноября 2022 г. — М.: Изд-во «Перо», 2022 — 8,06 Мб. [Электронный ресурс]. — С. 476–478.

## **Возможности упрочнения керамических форм на основе кремнезольного связующего путем армирования углеродными волокнами для литья по выплавляемым моделям**

Турсынбаев З.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Варфоломеев М.С.

МАИ, Москва

С развитием машиностроения и научно-техническим прогрессом, в промышленности предъявляются всё больше требований к технологическим процессам. Для ответственных изделий высокой сложности конфигурации и геометрии применяется прецизионный вид литья, а именно литьё по выплавляемым моделям.

Для такого технологического процесса могут применяться керамические формы на основе водных связующих, которые обладают такими преимуществами, как высокое качество поверхности и точность получаемой отливки, отсутствие органических растворителей и кислот, пожаро-, взрыво- и экологическая безопасность, высокая живучесть растворов и суспензий на их основе. Однако есть и недостатки, к которым относятся длительное время высыхания слоев суспензии, морозоустойчивость, плохая смачиваемость моделей, высокая прочность форм после термической обработки, относительно слабая прочность при комнатной температуре.

Поэтому оболочки легко повреждаются и деформируются во время сушки, депарафинизации и прокатки, что приводит к низкой точности размеров. Для повышения прочности формы используется процесс изготовления многослойной оболочки, при котором на модельный блок наносится 6-9 слоев огнеупорного покрытия. Это снижает газопроницаемость оболочки, что в свою очередь является причиной газовых раковин и ужимин.

В эксперименте использовалось кремнезольное связующее Армосил-АМ российского производства. При этом, в качестве основы армирующего наполнителя использовались штапельные углеродные волокна производства ЮМАТЕКС, г. Елабуга, Россия.

Целью данной работы является исследование влияния углеродных волокон на керамических волокон на податливость керамической формы, а также выявление параметров волокон, определяющих влияние на керамическую форму. Внедрение волокон осуществлялось следующим образом: Мелкодисперсный порошок электрокорунда добавляют в золь кремнезема (соотношение 3,3:1). Непрерывное перемешивание компонентов в течение 24 часов. Изготовление модели из парафиностеорина с последующим изготовлением образцов для испытаний на трехточечный изгиб. Погружение моделей в керамическую суспензию и обсыпка зернистым электрокорундом. Воздействие армирования углеродными волокнами оценивали путем сравнения прочности оболочек на изгиб при помощи испытательной машины Instron.

Список используемых источников:

1. Способы получения водно-коллоидных суспензий диоксида кремния. Способы стабилизации суспензии диоксида кремния: пат. 4996084 (А) США: MIK B22C1/00 / Elkachouty Ahmed A; заявитель и патентообладатель Pfizer Hospital Products Group, INC (US). — № US19890373418 19890630; опубл. 26.02.1991.
2. PAN-based carbon fibers, national standards: GB-T 26752-2011, PetroChina JiLin, the model T300
3. Zongxue L., Xiangdong L., Kai Lv. Study on the strength of short carbon fiber-reinforced silicon sol shells for the investment casting process. *Int. J. Mater. Engl. Innov.* 2018, 9, 1-10
4. M. Xu, S.N. Lekakh, V.L. Richards, Thermal property database for investment casting shells. *In. J. Metalcast.* 10(3), 329–337 (2016)

## **Высокоскоростные динамические испытания слоистых полимерных композитов на основе волокон сверхвысокомолекулярного полиэтилена**

Федотиков И.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Червяков А.А.

МАИ, Москва

Проведены высокоскоростные динамические испытания на ударную трещиностойкость, стойкость к воздействию пуль и баллистический предел слоистого полимерного композита. Полуфабрикатом для композита являлся листовой поперечно ориентированный материал, состоящий из четырех однонаправленных слоев волокон СВМПЭ со схемой укладки  $[0,90]_2$  и трёх слоёв термопластичной пленки (сверху, снизу и посередине).

Образцы изготавливали прессованием полуфабриката при температуре прессования  $125 \pm 3$  °С, варьируя количество слоев, давление прессования (от 15 до 26 МПа) и время выдержки под давлением (0, 10, 20 минут). Для испытаний на ударную трещиностойкость прессовали пластины размером 890x290 мм и толщиной 10мм (40 слоев полуфабриката), а для оценки пулестойкости и баллистического предела (V50) — 300x300мм и толщиной 6мм (22 слоя полуфабриката).

Для испытаний на ударную трещиностойкость разработана методика и лабораторная экспериментальная установка на основе пружинного копра со скоростью деформации  $\dot{\epsilon} \approx 102$  с-1. С помощью пружинного устройства стержень-ударник разгоняется до скоростей 5–10 м/с и передает ударный импульс клиновому ударнику, разгоняя его до требуемого уровня скоростей в диапазоне 100-200 м/с. Ударник воздействует на цилиндрический стержень, который предварительно внедрён в образец, вызывая высокоскоростное прорастание трещины.

Образцы для испытаний на ударную трещиностойкость в виде двойной консольной балки размером 90x12 мм вырезали из отпрессованных пластин, делая надрез посередине образца и вставляя в него цилиндрический стержень, который задаёт длину начальной трещины, раскрывая ее нагружением поверхностей по моде I. Ударную трещиностойкость оценивали по интенсивности высвобождения упругой энергии GIC, рассчитывая ее значение в соответствие с линейной упругой механикой разрушения по величине прорастания трещины и ее раскрытию после удара с учетом упругих свойств материала и размера образца.

Для испытаний на пулестойкость использовали пластины размером 300x300мм. Образцы крепили на пластилиновом блоке двумя ремнями параллельно верхней и нижней кромке. В каждую панель совершали по 4 выстрела со скоростью пули (435-450 м/с) с расстояния от дульного среза до образца  $10 \pm 0,1$ м. Угол встречи пули составляет 90°. После каждого выстрела измеряли глубину отпечатка в пластилиновом блоке (в случае целостности образца), затем пластилин выравнивался, а его остатки удалялись.

Испытания на баллистический предел V50 проводились с использованием аналогичных пулестойкости пластин на компактном разгонном стенде, позволяющем метать стальные шарики диаметром 8мм и массой 2 грамма со скоростями до 700 м/с. Баллистический предел рассчитывался с учетом средней скорости шарика, полученной по результатам 20 попаданий по образцу.

На основе анализа полученных данных было выявлено влияние режимов прессования на высокоскоростные параметры ударной стойкости пластин на основе волокон СВМПЭ и пленочного связующего.

## **Основные виды текстильных материалов, применяемых в парашютостроении**

Федюнин Д.А.

МАИ, Москва

В настоящее время парашютная техника является обширной отраслью техники, включающей в себя изделия, применяемые для широкого спектра целей.

Самыми крупными и интересными для изучения техническими сферами, в которых применяются парашюты, являются космос, военное дело, а также грузовая техника.

В данной работе хотелось бы рассмотреть виды и типы текстильных материалов, применяемых в этих сферах парашотостроения, их особенности и перспективы развития.

Исторически, для создания изделий парашютной техники, применялись материалы, которые имели максимальную прочность при минимальной массе. В дальнейшем, с развитием парашотостроения и увеличением числа производимых изделий, возникла потребность в удешевлении изделий без потерь эксплуатационных качеств.

Материалы из натуральных и искусственных волокон оказались недостаточно прочными и устойчивыми к воздействию внешних факторов. Материалами, которые отвечают всем требованиям, оказались текстильные материалы из синтетических волокон, производство которых стало возможно с развитием химической промышленности в СССР и США в середине прошлого века.

В данное время, основным типом материалов, из которого изготавливаются купола и силовые элементы различных парашютных систем, являются полиамидные материалы. Парашютные полиамидные материалы дополнительно подразделяются на непосредственно полиамиды и ароматические полиамиды (арамиды).

В русскоязычной литературе основной тип полиамидного волокна, используемого для производства парашютов, именуется капроном, в то время как в англоязычной его чаще называют нейлон (по названию марки волокна).

Капрон (нейлон) используется для создания тканей, из которых создаются купола, а также силовых элементов (лент, шнуров). Главное достоинство этого материала заключается в его высокой динамической прочности, связанной с его высокой упругостью. Это обусловлено типом химических связей, которые возникают при полимеризации химического сырья, из которого производят данные текстильные материалы.

Основным видом арамидов, применяемым в парашотостроении, является материал, который в России чаще называют СВМ (синтетический высокомодульный материал), а за рубежом — кевлар. По своей сути это одинаковые материалы, отличающиеся местом и технологиями производства. Основным преимуществом арамидных материалов, в сравнении с капроновыми, является их более высокая статическая прочность, что позволяет снижать массу изделия, а также более высокой стойкостью к температурным и химическим воздействиям. Применение материалов, имеющих более высокую статическую прочность, возможно вследствие того, что многие процессы имеют низкую динамичность, что позволяет считать их статическими, это хорошо согласуется с практикой создания парашютной техники.

Важной научной задачей является объединение главных положительных свойств основных текстильных материалов. Это позволит уменьшить массу, а соответственно и стоимость создания парашютных систем. В то же время применение материалов обладающих и динамической прочностью и повышенной стойкостью к внешним воздействующим факторам позволит унифицировать материальную базу и сократить время производства ПС за счёт уменьшения времени на подбор материалов.

## **Механизм разупрочнения УУКМ в условиях низкотемпературного окисления** Царева У.С.

Научный руководитель — к.т.н. Астапов А.Н.  
МАИ, Москва

Работоспособность и ресурс композиционных материалов обеспечиваются стабильностью их структуры [1]. Образование дефектов на границе раздела фаз, нарушение контактного взаимодействия негативно влияют на механическую прочность. Макро-, микродефекты, морфология и размер пор предопределяют рабочий ресурс композита и являются причиной значительной разницы между теоретической и реальной прочностью.

В гетерофазной системе установить взаимосвязь между порообразованием и механическими свойствами затруднительно [2, 3]. В условиях низкотемпературного окисления углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) могут разрушаться как в результате межслоевой деляминации, так и за счет повреждения окисленных волокон.

Реализация того или иного механизма зависит от соотношения скоростей окисления матрицы и углеродных волокон.

Целью данной работы было обоснование механизма разрушения УУКМ при низкотемпературном окислении. Исследование окислительной стойкости проводили в интервале температур 500-700 °С на воздухе на образцах УУКМ на базе ПАН-волокон с комбинированной матрицей, представленной коксом фенолформальдегидной смолы и пироуглеродом. После окисления выполняли измерения пористости, плотности, удельной поверхности образцов, а также испытания на трехточечный изгиб. Были получены зависимости предела прочности, модуля Юнга и деформации, а также плотности, пористости и удельной поверхности от потери массы УУКМ в результате окисления.

Показано, что в зависимости от температуры деградацию структуры УУКМ, приводящую к разупрочнению, можно рассматривать как совокупность последовательно-параллельных процессов — образование микропор на углеродном волокне и макропор на границе раздела фаз «волокно — матрица», окисление пиролизного остатка смолы и волокна. Обсуждаются различия в отмеченных процессах в зависимости от температуры окисления.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00352, <https://rscf.ru/project/22-19-00352/>.

Список используемых источников:

1. Астапов А.Н., Жаворонок С.И., Курбатов А.С., Рабинский Л.Н., Тушавина О.В. Основные проблемы при создании систем тепловой защиты на базе структурно-неоднородных материалов и методы их решения .

2. Pogodin V.A., Astapov A.N., Eremkina M.S., Babaytsev A.V., Rabinskiy L.N. Investigation of the low-temperature oxidation effect on the structure and mechanical properties of C/C composite

3. Сандин А.С., Погодин В.А. Анализ зависимости механической прочности УУКМ от величины интегрального радиуса пор // Сборник тезисов работ XLVIII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2022». Москва, 12 — 15 апреля 2022 г. — М.: Изд-во «Перо», 2022. — 6,76 Мб. [Электронный ресурс]. — С. 544–545.site.

## **Определение стойкости режущего инструмента. Выбор режимов резания инструмента при обработке изделий из стеклопластика**

Циренщиков А.В., Сафин А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хамидуллин О.Л.

КНИТУ-КАИ, Казань

В данных работах было проведено исследование на тему зависимости качества обрабатываемой поверхности от формы режущей кромки [1-3]. Главной задачей при фрезеровании является подбор режимов резания. Особую роль во время фрезерования занимает охлаждение режущего инструмента, его влияние на износ фрезы рассматривают в следующих статьях. Так же важно принимать во внимание усилие резания и изгибающий момент действующий на фрезу во время работы. Для определения ресурса фрезы необходимо контролировать её износ. Он влияет как на качество обрабатываемой поверхности, так и на точность размеров обрабатываемой детали. Таким образом контроль износа режущей кромки является необходимой процедурой, методы контроля рассмотрены в данных работах.

Целью данной экспериментально-исследовательской работы является определение зависимости стойкости режущего инструмента от режимов резания.

Экспериментальная часть

В качестве материала для механических испытаний был выбран строительный швеллер изготовленный из стеклопластика. Общая длина пройденная фрезами — 450 метров. Был проведён анализ материала швеллера, который выявил тип связующего (термореактивное связующее на основе полиуретана). Средний коэффициент наполнения был получен путём

выжигания небольшого образца ( $V_f$ ) и составил 60%. Проведён тест на твёрдость по ГОСТ Р 56761-2015 (Метод определения твердости по Барколу). Также выявленная зависимость изменения модуля упругости материала от температуры (DMA) и теплоёмкость композита.

Произведён замер стойкости фрезы. Фрезерование образцов проводилось на станке марки BEAVER фрезами марки SECO и Axis. Были использованы фрезы с одинаковой геометрией режущих кромок по одной от каждого производителя: Axis P0661060002000D000 и Seco 860060Z5.0, а также Axis P0801060002500D00 и Seco 870060.0. Окончание эксплуатации фрезы происходило при её поломке или перегреве материала, который свидетельствовал о затуплении режущей кромки. Кроме того, контроль износа проводился путём измерения размеров паза, обработанного фрезой и качества обрабатываемой поверхности.

Определение износа кромки при помощи анализа на микроскопе проходило путём измерения ширины фаски износа, образующейся на режущей кромки во время ее работы. Ширина фаски напрямую зависит от пройденного расстояния и времени работы инструмента.

Режимы резания подбирались исходя из рекомендованных производителем параметров, далее с помощью наблюдения за процессом резания подбирался наиболее оптимальный режим.

Рекомендуемые режимы резания для фрез от производителя:

- 1) Axis (P0661060002000D000):  $VC=111$  м/мин,  $V_f=400$  мм/мин,  $N=5900$  об/мин,  $ap=3$ мм.
- 2) Axis (P0801060002500D00):  $VC=105$  м/мин,  $V_f=650$  мм/мин,  $N=5600$  об/мин,  $ap=6$ мм.
- 3) Seco (860060Z5.0):  $VC=110$  м/мин,  $V_f=350$  мм/мин,  $N=5850$  об/мин  $ap=3$  мм.
- 4) Seco (870060.0):  $VC=105$  м/мин,  $V_f=670$  мм/мин,  $N=5570$  об/мин  $ap=6$  мм.

Исходя из наблюдений за процессом фрезерования, а также подбора разных режимов резания было выявлено, что для данного материала и фрез наиболее оптимальным является соотношение скорости вращения шпинделя к подаче станка 10/1 соответственно  $N = 6000$  об/мин,  $V_f=600$  мм/мин.

Ресурс фрез, работающих в подобранном режиме резания:

- 1) Axis (P0661060002000D000): 66 м.
- 2) Axis (P0801060002500D00): 115м.
- 3) Seco (860060Z5.0): 70м.
- 4) Seco (870060.0): 40м.

Разница в стойкости фрез возникает из-за разного размера зубьев. Фреза Seco 870060.0 имеет практически в три раза меньший ресурс чем фреза Axis P0801060002500D00. У фрезы от фирмы Seco они меньше, таким образом во время резания получается очень мелкая стружка или пыль. Мелкая стружка хуже отводит тепло от фрезы, что при одинаковой системе охлаждения (обдув воздухом) приводит к большему нагреву самой фрезы. Нагрев способствует более активному износу фрезы. Помимо этого, тепло от фрезы передаётся на заготовку, что приводит к оплавлению связующего. Нагретое связующее налипает на фрезу и забивает пространство между зубьями, что приводит к еще большему перегреву инструмента.

Фрезы Axis P0661060002000D000 и Seco 860060Z5.0 отличаются формой режущих кромок, в связи с этим они имеют меньшую жесткость что приводит к уменьшению максимальной глубины резания при фрезеровке во всю ширину фрезы. Меньшее количество зубьев, а также их увеличенный размер позволяет уменьшить нагрев фрезы во время работы и улучшить стружкоотвод. Однако оно приводит к увеличению подачи на зуб, что влечёт за собой повышенный износ режущей кромки. Всё это, а в особенности уменьшенная глубина резания, приводит к увеличению машинного времени, что делает использование фрез такой формы менее предпочтительным для данного типа работ.

В результате проделанной работы были подобраны подходящие режимы резания и выявлены параметры, которые уменьшают стойкость инструмента, низкая скорость резания приводит к увеличению силы резания, что способствует увеличению абразивного износа

фрезы и изгибающего момента. А более высокая скорость резания приводит к перегреву фрезы, что так же уменьшает её ресурс.

Список используемых источников:

1. Sun Z. et al. An innovative study on high-performance milling of carbon fiber reinforced plastic by combining ultrasonic vibration assistance and optimized tool structures //Journal of Materials Research and Technology. — 2022
2. Ducobu F. et al. Sensitivity Analysis of Various Geometries of PCD and Cemented Tungsten Carbide Cutting Tools during the Milling of GFRP Composite //Polymers. — 2022. — Т. 14. — №. 8. — С. 1524.
3. Knap A., Dvořáčková Š., Knápek T. Study of the Machining Process of GFRP Materials by Milling Technology with Coated Tools //Coatings. — 2022. — Т. 12. — №. 9. — С. 1354.

### **Влияние модификации эпоксидного связующего полисульфоном на структуру фазовой границы углекомпозиата и прочность межфазных взаимодействий**

Черевинский А.П.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

ИФХЭ РАН, Москва

Высокие физико-механические характеристики конструкционных волокнистых материалов определяются не только прочностью волокнистого наполнителя и плотностью его упаковки, но и хорошими адгезионными характеристиками на межфазной границе волокно — связующее. Для улучшения физико-механических свойств композиционных материалов широко используют физическую модификацию реактопластичных систем жесткоцепными термопластами. При формировании пространственной сетки химических связей в процессе отверждения таких систем формируется гетерогенная фазовая структура. Отметим, что фазы обогащенные реакто- или термопластом характеризуются различными энергетическими характеристиками и в этой связи могут иметь различные адгезионные свойства в волокнистом наполнителе, что может сказаться на эксплуатационных характеристиках композита.

Цель работы — исследование влияния модификации полисульфоном (ПСФ) эпоксидного связующего на градиент формирования гетерогенных структур вблизи углеродного волокна и прочность межфазных взаимодействий.

В качестве объектов исследования использовали диановый эпоксидный олигомер марки ЭД-20 (ООО «СИПО», Россия), полисульфон марки ПСК-1 (АО «Институт пластмасс», Россия) и отверждающий агент 4,4'-диаминдифенилсульфон (ООО «СИПО», Россия).

Получены образцы отвержденных углеродных моноволокон в эпоксиполисульфоновых системах в широком диапазоне концентраций ПСФ (от 5 до 40 м.ч. по отношению к эпоксидному олигомеру (ЭО)). Методом электронной микроскопии исследована фазовая структура в межволоконном пространстве. Методом рентгеноспектрального микроанализа построены концентрационные профили распределения полисульфона в образцах по Кэ-линии серы. На основании полученных данных показано различие в типах фазовых структур при формировании фазовых границ, контактирующих с углеродным волокном. Так, при малых концентрациях ПСФ (до 10 м.ч.) формируется структура типа матрица-дисперсия и на межфазную границу выходит фаза обогащенная ЭО, при формировании структуры типа взаимопроникающих фаз (концентрация ПСФ 15-20 м.ч.) с углеродным волокном контактируют обе фазы, при концентрациях ПСФ более 20 м.ч. на межфазную границу выходит фаза, обогащенная ПСФ. Методом Drop-Sting test проведены адгезионные исследования в системе углеродное моноволокно — гетерогенное эпоксиполисульфоновое связующее. Построена концентрационная зависимость изменения адгезионных свойств на межфазной границе. Посредством травления в плазме кислородного разряда получены УВ с различной поверхностной энергией. Показано влияние энергетических характеристик

волокна на прочность межфазных взаимодействий и структуру на границе УВ — гетерогенное связующее.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта 122011300053-8).

## **Влияние заряда/разряда поверхности полимерных материалов различной природы на силы электроадгезии**

Шаров К.И.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

Российская академия наук, Москва

При создании адгезионных систем, к которым применяются специальные требования, часто используют принципы электроадгезии. Это сложное и динамическое явление электростатического притяжения между двумя поверхностями, участвующими в формировании адгезионной пары. В общем виде электроадгезионная система представляет собой высоковольтный источник питания, электроадгезив и систему управления. Цель данной работы — исследование влияния технологических и физико-химических параметров на адгезионные взаимодействия между поверхностями, возникающие в результате приложения высоковольтного напряжения.

В качестве объектов исследования использовали электроадгезив (80×80×7,5 мм), представляющий собой медный встречно-штырьевой электрод толщиной 40 мкм залитый диэлектриком — эпоксидная смола Siro art label (ООО «СИПО», Россия). Толщина контактного слоя составила 1,1 мм. В качестве источника тока использовали генерирующее устройство, позволяющее регулировать напряжение до 8000 Вольт. В качестве тестовых поверхностей использовали полимеры различной природы и диэлектрической поляризации (полиэтилен, полиэтилентерефталат, полиметилметакрилат).

Электроадгезив генерирует электроадгезионные силы под действием высокого напряжения свыше 2000 Вольт в результате поляризации поверхностных зарядов. Величина общей поляризации определяется главным образом вкладом ориентационной поляризации, имеющей релаксационный характер. Тестовую полимерную подложку приводили в контакт с электроадгезивом, находившимся под высоким напряжением от 2000 до 8000 Вольт. Остаточные силы измеряли на стенде, состоящем из штатива, высоковольтного источника питания, электроадгезива и системы управления. Исследование адгезионных характеристик проводили с применением разрывной машины Zwick/Roell Z010 в режимах отслаивания (угол 180°), сдвига и нормального отрыва. Релаксационные исследования проводили после выдержки под напряжением адгезионной пары в течение от 0,5 до 5 минут, затем отключали подачу напряжения и фиксировали время адгезионной релаксации.

Установлена корреляция между значением электрического напряжения и электроадгезионными силами. Показано влияние природы материала на силы электроадгезии. Исследована адгезионная релаксация после снятия напряжения в режиме отслаивания тестовой поверхности. Установлено, что время релаксации адгезии увеличивается прямо пропорционально возрастанию напряжения с выходом на равновесное значение, различное для исследуемых полимеров.

Планируется исследование влияния молекулярной и надмолекулярной структуры полимера и композиционного материала на генерируемые силы электроадгезии, влияние рельефа поверхности и температуры окружающей среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта 122011300053-8).

## **Гибридные материалы на основе структурных полисахаридов**

Шилкова А.А.

Научный руководитель — д.х.н. Демина Т.С.

МАИ, Москва

Структурные полисахариды (целлюлоза, хитин и т.д.) являются одним из основных компонентов живых организмов и обеспечивают механическую прочность их тканей. Высокие деформационно-прочностные характеристики древесины, из которой делали первые летательные аппараты, объясняются её сложным составом (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и т.д.). Прочность панциря ракообразных связана с наличием не только структурного полисахарида хитина и белков, но и минеральных компонентов, которые формируют наноструктурированный гибридный материал. Изучение состава и структуры природных тканей и организмов, обладающих высокими механическими характеристиками и легким весом, может позволить создать конструкционные материалы нового поколения.

Цель работы заключалась в исследовании состава панциря ракообразных, условиях выделения из него структурного полисахарида хитина и возможности получения на его основе гибридных материалов.

На первом этапе работы исследовано влияние условий выделения хитина путем деминерализации и депротенирования панциря ракообразных на скорость проведения процесса. Хитин выделяли путем последовательного удаления белковых и минеральных компонентов из хитинсодержащего сырья методом выдерживания в растворах щелочи (2н NaOH), кислоты (1н HCl) и под воздействием ультразвука (УЗ, 35 кГц). Для исследования использовали фракции частиц панциря с размерами до 1 мм, 1-2 мм и 2-4 мм. Показано, что УЗ-обработка позволяет ускорить процесс депротенирования хитинсодержащего сырья в щелочной среде. Эффективность очистки сырья методом УЗ-обработки в дистиллированной воде самая низкая. Для проведения деминерализации сырья после депротенирования выдерживали в 1н HCl в течение 1 часа и 10 дней. Выявлено, что время воздействия кислоты на хитинсодержащее сырье не оказывает значительного влияния на эффективность процесса деминерализации. Оценка влияния размера частиц исходного сырья на скорость процессов депротенирования и деминерализации показала, что во всех случаях они проходили быстрее во фракциях образцов с меньшим размером частиц.

На втором этапе работы получены гибридные материалы из нанокристаллического хитина (НКХ) и фосфатов кальция методом биоминерализации: в 1 мас.% водную суспензию НКХ добавляли водные растворы  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (0.02 моль/л) и  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (0.0334 моль/л), выдерживали в течение 2.5 часов при 40°C при постоянном перемешивании 600 об/мин и pH 9-10, достигаемом добавлением  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Полученные образцы представляли собой белые непрозрачные слоистые кристаллы неправильной формы, которые исследовали с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии.

## **Воздействие агрессивных сред на стеклонаполненные композиты авиа- и космической техники**

Ширялин И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лагусева Е.И.

АО «ЦКБ ТМ», Тверь

В современном мире, развитие и успешное применение авиационной и космической техники нельзя представить без использования новых конструкционных материалов. Одним из таких материалов, обладающим повышенными физико-механическими показателями, является стеклопластик — композит, состоящий из стеклянного армирующего наполнителя и синтетического полимерного связующего.

Несмотря на универсальность и практичность стеклонаполненного композита, в процессе эксплуатации, он может утрачивать свои первоначальные характеристики, ввиду воздействия окружающих факторов, одним из которых является действие агрессивных сред.

Контакт объектов авиационной и космической техники с ними может осуществляться как в процессе хранения, так и при эксплуатации. В качестве примеров можно привести:

1) транспортировка химически реакционноспособных компонентов (авиационное и ракетное топливо, теплоносители);

2) воздействие климатических факторов (кислотные дожди, адвективный солевой туман, пыль);

3) очистка и санитарная обработка (моющие средства, септики).

В работе проведено исследование влияния кислот, щелочей, аминов, пероксидов, многоатомных спиртов и смеси жидких углеводородов на физико-механические характеристики стеклопластика, путем определения химической стойкости, предела прочности на разрыв, а также степени отверждения.

Для проведения исследований предварительно изготовлены 22 стеклопластиковых образца из ортофталевой смолы и эмульсионного стекломата стандартного размера 154x42x3 мм.

Испытания на химическую стойкость проводили, путем выдержки образцов до постоянства масс в агрессивных средах: серная кислота 25%, муравьиная кислота 25%, гидроксид калия 15%, уксусная кислота (ледяная), пероксид водорода 25%, вода (дистиллированная), гексаметилендиамин 50% (водный), керосин, ацетон, глицерин. Перед началом анализа и после погружения, производили взвешивание образцов, с последующим контролем массы каждые 24 часа.

Определение предела прочности на разрыв осуществляли путем деформирования с помощью разрывной машины исходного образца стеклонаполненного композита и образцов, подвергшихся сушке до постоянства масс, после погружения в растворы агрессивных сред.

Исследование степени отверждения, проводили путем экстракции ацетоном на воздушной бане в приборе Сокслета, измельченных до состояния стружки, образцов стеклопластика. Пакеты со стружкой, после проведения экстракции, высушивали до постоянства масс и производили обжиг в муфельной печи при 660 °С в течение 3-х часов.

Анализ экспериментальных данных, полученных в ходе исследований, показал, что химические среды, в зависимости от их природы, могут вызывать как деструкцию композита (изменение внешнего вида, ухудшение физико-механических характеристик), так и увеличение прочностных показателей вследствие протекания процессов постполимеризации.

Данные исследования выполнены на оборудовании кафедры химии и технологии полимеров Тверского государственного технического университета.

Список используемых источников:

1. Ширялин И.М. Влияние строения термореактивного связующего на химическую стойкость и предел прочности на разрыв стеклопластика // XXVIII Кургинские чтения. Тверь, 2022. С. 174.

2. Ширялин И.М., Бондарь А.А, Лагусева Е.И. Влияние процесса постполимеризации на прочностные свойства стеклопластиков // Химическая термодинамика и кинетика / ТвГУ — НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2022. С. 375.

## **Секция №8.4 Механика и моделирование материалов и технологий**

---

### **Верификация решения Вилсона-Розенталя для движущихся точечного и распределенного источников тепла в задаче моделирования процесса селективного лазерного плавления**

Добрянский В.Н.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Соляев Ю.О.

МАИ, Москва

Эксперимент по сплавлению единичных треков проводился на 3D-принтере AddSol D50, в котором используется лазер непрерывного действия с максимальной мощностью 400 Вт. Процесс происходил в камере, заполненной аргоном для защиты сплавляемых треков от окисления.

Исследования проводились на металлическом порошке AlSi10Mg. Порошок был механически просеян и классифицирован на составляющие различных фракций с применением грохота. Для исследования порошок был классифицирован по гранулометрическому составу: 1) до 25 мкм, 2) от 26 до 32 мкм, 3) от 33 мкм до 40 мкм, 4) от 41 до 50 мкм, 5) более 50 мкм, 6) от 15 до 55 мкм (стандартный порошок).

Для каждого порошка были получены единичные треки при различных комбинациях мощности и скорости источника. Исследование проводилось в два этапа: 1) определение начала полного проплавления порошкового слоя (60 мкм), 2) анализ морфологии ванны расплава. Мощность источника для решения первой задачи варьировалась в диапазоне 40-100 Вт с шагом 6 Вт, для второй — в диапазоне 40-400 Вт с шагом 36 Вт. Скорость источника варьировалась от 100 до 2000 м/с с шагом 190 м/с.

Для описания процесса СЛП часто используются модели точечных и распределенных подвижных источников [1-2].

Рассматриваемые в исследовании задачи сводятся к решению задачи о полупространстве, по поверхности которого движется точечный или распределенный источник тепла. В работе [3] описано тепловое поле, создаваемое точечным источником тепла, согласно классическому решению Розенталя, а в работе [4] сформулировано решение задачи для распределенного (по Гауссу) источника тепла. Для дальнейшего использования приведенные модели были переформулированы в безразмерный вид.

Из эксперимента с единичными треками (мощность источника 40-100 Вт), получаемыми для порошков различного гранулометрического состава, был определен момент проплавления слоя порошка в 60 мкм (то есть значение мощности и скорости, при которых начинал формироваться трек, сплавленный с материалом платформы). Были получены экспериментальные зависимости глубины проплавления от операционного параметра  $n$  (параметр, вводимый в ходе безразмерного анализа) для порошков различного гранулометрического состава, которые были использованы для верификации решения Розенталя в безразмерном виде.

Исследование параметров ванны расплава проводилось на поперечных микрошлифах единичных треков (мощность источника 40-100 Вт). Снимались данные о глубине и ширине проплавления, угле смачивания и высоте надплатформенной части трека. Полученные экспериментальные зависимости были наложены на решение Розенталя в безразмерном виде для точечного и распределенного источников.

В ходе анализа было установлено, что для небольших значений операционного параметра (мощности до 112 Вт во всем диапазоне скоростей, мощности до 220 Вт и скорости до 500 м/с) решения Розенталя для дает хорошее представление о глубине проплавления. Также установлено, что такое решение с учетом распределения дает более точный прогноз глубины проплавления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код проекта FSFF-2023-0004).

Список используемых источников:

1. Ramos-Grez J. A., Sen M. Analytical, quasi-stationary Wilson-Rosenthal solution for moving heat sources // *International Journal of Thermal Sciences*. — 2019. — Т. 140. — С. 455-465.
2. Solyaev Y., Lurie S. Gradient models of moving heat sources for powder bed fusion applications // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. — 2022. — Т. 196. — С. 123221.
3. Rosenthal D. The theory of moving sources of heat and its application of metal treatments // *Transactions of ASME*. — 1946. — Т. 68. — С. 849-866.
4. Eagar T. W. et al. Temperature fields produced by traveling distributed heat sources // *Welding journal*. — 1983. — Т. 62. — №. 12. — С. 346-355.

## **Исследование упругих свойств системы Ti-Nb-Zr методом молекулярной динамики**

Зеленина А.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Колотова Л.Н.

МФТИ, Долгопрудный

Сплавы на основе титана, имеющие ОЦК-решётку, обладают аномальными механическими свойствами: низкими для металлов упругими константами, демонстрируют инвар- и элинвар-эффекты. В связи с этим данные материалы имеют перспективы в сфере медицины, автомобильной, аэрокосмической и химической промышленности, благодаря биосовместимости, коррозионной стойкости и относительно низкому модулю Юнга. Для прогнозирования свойств и поведения сплавов в реальных условиях необходимо изучить температурные зависимости упругих характеристик.

В данной работе рассчитаны упругие константы чистых веществ и сплавов, состоящих из атомов Ti, Nb и Zr методом молекулярной динамики с использованием пакета LAMMPS. Для оптимизации расчётов определены теоретические температуры плавления моделируемых сплавов. Изучается стабильность сплавов с кубической кристаллической решёткой при температурах, ниже температур фазового перехода ГПУ-ОЦК для Ti и Zr. Также рассчитаны критические размеры расчётной системы, при которых ОЦК-структура является стабильной. Проведено сравнение с существующими экспериментальными данными и ab initio расчётами. В приближениях Войгта-Рейса-Хилла получены значения модулей Юнга и модулей всестороннего сжатия в широком диапазоне температур. Для сплава Ti-22Nb-6Zr и чистого Ti наблюдаются элинварные свойства, что согласуется с экспериментами. Оценены значения коэффициента термического расширения. Работа выполнена с использованием потенциала формата ADP для системы Ti-Nb-Zr, разработанного в 2022 году.

Список используемых источников:

1. Saito T., Furuta T., Hwang J.-H., Kuramoto s., Nishino K., Suzuki N., Chen R., Yamada A., Ito K., Seno Y., Nonaka T., Ikehata H., Nagasako N., Iwamoto C., Ikuhara Y., Sakuma T. Multifunctional alloys obtained via a dislocation-free plastic deformation mechanism // *Science*. 2003. V. 300. № 5618. P. 464-467.
2. Leyens C., Peters M. Titanium and titanium alloys: fundamentals and applications. // John Wiley & Sons. 2003.

## **Опыт применения новой модели пористости СКМ ЛП «ПолигонСофт» для прогнозирования усадочных дефектов в отливках**

Комарова Е.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Монастырский В.П.

Московский Политех, Москва

Система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) СКМ ЛП «ПолигонСофт» является одной из известных российских коммерческих программ для моделирования литейных процессов. В программе присутствуют две модели пористости,

разработанные на основе макроскопической теории кристаллизации сплавов В.А.Журавлева [1]. В обеих моделях формирование усадочной раковины происходит в результате гравитационного течения расплава, вызванного усадкой кристаллизующегося расплава. В новой модели пористости СКМ ЛП «ПолигонСофт» уточнен механизм образования внутренних усадочных раковин и макропористости. Предполагается, что для образования поры необходимо совершение работы по образованию новой поверхности раздела. Образование поры рассматривается как способ релаксации напряжений, возникающих в расплаве из-за кристаллизационной усадки [2].

Оценка адекватности моделей пористости СКМ ЛП «ПолигонСофт» проводилась на отливках из стали 14X17H2Л, полученных в промышленных условиях. Металл заливался в керамические оболочковые формы с толщиной стенки 10-12мм, заформованные в стальные опоки с опорным наполнителем. По этой технологии были залиты два типа отливок. Первая из них — сток литейного блока (цилиндрическая отливка диаметром 40мм). Вторая отливка — серийный литейный блок со стояком прямоугольного сечения 45x55мм. В опоку устанавливалось по две однотипные отливки. После заполнения формы, поверхность металла одной из форм утеплялась слоем теплоизолирующей присыпки, в другой форме зеркало расплава участвовало в теплообмене с окружающей средой.

В стояках с утепленной поверхностью расплава была получена классическая усадочная раковина воронкообразной формы. В отливках с открытым зеркалом расплава интенсивное охлаждение приводит к образованию твердой корки на поверхности расплава и образованию внутренней усадочной раковины.

Количественный анализ продольного сечения отливок показал, что глубина проникновения усадочных раковин в тело стояка мало зависит от условий теплоотдачи на поверхности металла. Объем усадки, компенсируемый за счет расплава из усадочных раковин, в обоих случаях приблизительно одинаков и составляет 13-18%.

Открытые усадочные раковины наследуют круговую симметрию чаши, в которой они формируются. При закрытых усадочных раковинах признаки симметрии имеет только корка твердого металла, под которым расположена раковина. Положение начальной точки образования внутренней усадочной раковины, т.е. точки, в которой начинается образование новой поверхности раздела, зависит от случайных факторов, таких как, неvertикальное расположение отливки, неравномерная толщина формы, неравномерный состав опорного наполнителя.

Моделирование процесса кристаллизации отливок проводилось в СКМ ЛП «ПолигонСофт». Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что рассмотренные модели пористости, в целом успешно решают практическую задачу определения размеров и местоположения усадочных дефектов в отливке. Несовпадение результатов моделирования с дефектами в реальных отливках имеет несколько причин. Первая причина состоит в том, что все модели пористости являются детерминированными, т.е. результат моделирования полностью определен алгоритмом, значениями входных переменных и начальным состоянием системы. Симметрия отливки и граничных условий тепловой задачи неизбежно приводит к симметрии зоны усадочных дефектов.

Другой причиной несовпадения результатов моделирования и эксперимента являются особенности построения алгоритма модели пористости. Модели пористости коммерческих программных продуктов содержат упрощения, которые резко уменьшают время счета, что важно для инженерных расчетов. Один из приемов упрощения задачи относится к течению расплава при образовании усадочной раковины. Понижение уровня металла в форме формально выглядит как «выключение» из расчета узлов расчетной сетки над зеркалом расплава. Это позволяет обеспечить постоянство массы отливки, однако, приводит к занижению объема усадочной раковины. Кроме того, этот прием приводит к искусственному занижению объемной доли твердой в отливке, что сдерживает образование твердой корки и, соответственно, внутренней усадочной раковины. Одним из видимых последствий этого упрощения является слишком тонкая корка металла над усадочной раковинной или ее отсутствие, что не соответствует виду реальных отливок.

Модели пористости СКМ ЛП «ПолигонСофт» с высокой вероятностью позволяют достоверно определить расположение и размеры зон усадочной пористости в отливки. Как правило, такая качественная оценка дефектов является достаточной для решения инженерных задач. Прогнозирование дефектов на количественном уровне, когда сравнению с реальной отливкой поддается не только расположение зон усадочных дефектов, но и объемная доля дефекта в данной точке отливки, требует совершенствования алгоритмов имитационного моделирования. Достижение этого уровня прогнозирования является актуальной задачей, имеющей большое практическое значение.

Список используемых источников:

1 Журавлев В.А. О макроscopicкой теории кристаллизации сплавов // Известия АН СССР. Металлы, 5. 1975. с. 93-99.

2. Монастырский В.П., Ершов М.Ю. Имитационная модель образования усадочной раковины и макропористости// Литейщик России, №8, 2014,с.с.41-45.

### **Исследование особенностей концентрации деформаций вблизи малоразмерных отверстий с использованием метода корреляции цифровых изображений**

Короленко В.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Соляев Ю.О.

МАИ, Москва

В докладе представлены результаты экспериментального определения распределения деформаций в образцах полиметилметакрилата (ПММА), содержащих отверстия диаметром 0.3 — 2.5 мм и нагружаемых по схеме одноосного растяжения. Образцы вырезаны из листа полиметилметакрилата (ПММА) толщиной 1 мм и представляют собой ленту шириной 25 мм и длиной 260 мм. В центре образцов просверлены отверстия с диаметром: 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 и 2.5 мм. Паттерн нанесен на образцы черной краской на водной основе с помощью аэрографа, обеспечивающего характерных размер элементов паттерна (точек) порядка 10-100 мкм.

Испытания проводились на универсальной испытательной машине Instron 5969. Образцы зажимались в пневматические захваты и нагружались вертикально, со скоростью 1 мм/мин. Расстояние между захватами составляло 160 мм. Испытания проводились до образования ярко выраженной зоны пластичности. Фотографирование зоны возле отверстия производилось до растяжения и в процессе растяжения, с интервалом перемещения траверсы 0.1 мм.

Для определения поля деформаций методом корреляции цифровых изображений использована программа Digital Image Correlation Engine (DICe). Метод корреляции цифровых изображений представляет собой оптический метод, используемый для измерения распределения перемещений и деформаций на поверхности образца [1-3]. Определение полей смещений и деформаций методом корреляции цифровых изображений основано на получении кросс-корреляций между изображениями объекта в нагруженном и ненагруженном состояниях (либо между различными моментами нагружения). Обработка изображений проводилась для моментов нагружения, соответствующих работе материала образца в линейно упругой области.

Результаты экспериментов сопоставлялись с результатами численного моделирования, реализованными в системе Comsol. Полученные методом корреляции цифровых изображений поля перемещений были наложены на численные решения, построенное с помощью МКЭ. Показано, что перемещения вблизи малоразмерных отверстий, полученные прямым измерением с использованием метода корреляции цифровых изображений, хорошо накладываются на результаты численного моделирования испытаний для отверстий диаметром более 1 мм. Для отверстий меньшего диаметра зафиксировано отклонение эксперимента от результатов численного моделирования, заключающееся в уменьшении максимальной концентрации деформаций. Получены значения средних, максимальных и

минимальных ошибок для продольных, поперечных и сдвиговых деформаций. Даны оценки достоверности и неопределенности измеренных экспериментальных данных.

Список используемых источников:

1. Jones E. M. C. et al. A good practices guide for digital image correlation //International Digital Image Correlation Society. — 2018. — Т. 10.
2. Canal L. P. et al. Application of digital image correlation at the microscale in fiber-reinforced composites //Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. — 2012. — Т. 43. — №. 10. — С. 1630-1638.
3. Khudiakova A. et al. Automated monitoring of the crack propagation in mode I testing of thermoplastic composites by means of digital image correlation //Polymer Testing. — 2020. — Т. 82. — С. 106304.

## **Численные и аналитические методы оценки физико-механических характеристик пористых композиционных материалов**

Мисбахова А.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бабайцев А.В.

МАИ, Москва

Композиционные материалы (КМ) применяются во всех сферах деятельности: в авиации, ракетостроении, строительстве и т.д. Применение КМ обусловлено высокими механическими характеристиками при минимальном весе, а также способностью работать при условии высоких температур и в агрессивных средах. Наиболее распространенные и актуальные композиты — это полимерные (ПКМ), углерод---керамические (УККМ), углерод-углеродные (УУКМ), металлополимерные КМ. Однако, в процессе изготовления данных материалов появляются такие дефекты как пористость.

Пористость является проблемой при производстве композиционных материалов, особенно для многослойных конструкций, таких как полимерные композиты, армированные углеродным волокном. Поры — это пустоты, образованные захваченным воздухом или летучим газом, который выделяется в процессе отверждения. Размер, форма и распределение пустот зависят от структуры композитов и существенно влияют на его физико-механические свойства, такие как: модуль упругости, предел прочности и т.д. При испытании пористых КМ появляется необходимость в оценке истинных значений физико-механических характеристик.

Методы, используемые для оценки этих характеристик, бывают численные и аналитические. В данной работе рассматривается численное моделирование в среде Digimat и Ansys Workbench с использованием метода конечных элементов. Также рассматривается аналитическое моделирование, которое проводится, основываясь на моделях теории упругости и механики КМ с использованием методов таких: Монте Карло и д.р. и моделях, полученных Дьюи и Гудьером. В частности, рассматривается адаптация результатов, полученных Дьюи и Гудьером для сред с малыми и большими долями включений при учете пористости в КМ. В рамках данного исследования были изготовлены образцы и испытаны на изгиб. По результатам испытаний проводилась верификация численных и аналитических моделей.

Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта Президента Российской Федерации МК-398.2022.4.

Список используемых источников:

1. Гитис, В.; Ротенберг, Г. Справочник по пористым материалам: синтез, свойства, моделирование и ключевые приложения // Всемирная научная издательская компания: Сингапур, 2020; Том 4, с. 10–20
2. Wolf, J.P.; Song, C. The scaled boundary finite element method // A primer: Derivations. Comput. Struct. 2000, 78, 191–210

### **Разработка метода оценки износостойкости лакокрасочных покрытий с применением высокоскоростной струи жидкости**

Михайлов А.А., Мартысюк Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галиновский А.Л.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Лакокрасочные покрытия (ЛКП) применяются во всех отраслях промышленности, причем в ряде случаев эти покрытия подвергаются достаточно интенсивному воздействию абразивных частиц. Речь в данном случае идет об автомобильном транспорте, авиационной технике, где воздушный набегающий поток содержит частицы песка, пыли, грязи и других абразивов. Также проблемы с износостойкостью могут испытывать ЛКП, используемые на изделиях, работающих в условиях Арктики, при высоких скоростях ветра, содержащего ледяную крошку эти ледяные частицы могут царапать и повреждать окрашенные поверхности конструкций и техники. Поэтому для таких случаев эксплуатации проблема оценка износостойкости ЛКП достаточно актуальна и требует применения методов, которые бы имитировали такие условия эксплуатации.

В целом имитация реальных режимов эксплуатации изделий осуществляется с помощью самых разнообразных установок — пневматических, аэродинамических, гравитационных, механических и центробежных.

Как производителям, так и потребителям необходимо иметь в своем арсенале эффективные, простые и, в то же время, достоверные методы оценки показателей качества и эксплуатационных свойств ЛКП. Причем эти методы должны максимально близко имитировать реальные условия эксплуатации ЛКП, к чему и стремятся разработчики новых методов диагностики и испытаний во всем мире. Однако те методы, которые предлагаются исследователям в настоящее время зачастую не удовлетворяют указанным требованиям.

В этой работе рассматривается возможность адаптации метода на основе ультраструйных технологий, работы над использованием которых широко ведутся на кафедре СМ12, под решение описанных выше задач оценки износостойкости ЛКП, при чем с такими отличительными чертами, как оперативность и универсальность, т.е. возможность применения для широкой гаммы марок/производителей.

Суть метода состоит в том, что на поверхность быстровращающейся мишени (диск или иное тело вращения), на которую предварительно было нанесено одно или несколько ЛКП, направляется ультраструя жидкости, абразивно-жидкостной или другой суспензии, подобранная по критерию соответствия для тех или иных условий эксплуатации. По результатам данного воздействия, в частности остаточной площади ЛКП можно судить о его износостойкости, адгезионной прочности, а в некоторых случаях и когезионных свойствах самих ЛКП.

Так как цель работы была не оценка износостойкости конкретного типа покрытий, а разработка метода исследования, тестовые образцы покрытий были отобраны произвольным образом. В частности были выбраны 5 видов ЛКП разного типа и метода нанесения: CORALINO акриловая аэрозольная краска (аэрозольное нанесение), эмаль для металла и радиаторов отопления термостойкая FERRUM PREMIUM (кисть), чёрная грунт-эмаль «РАСЦВЕТ» 3 в 1 (кисть), 7024 шагренёв Neop (порошковая краска), 9005 муар (порошковая краска).

Данные ЛКП были нанесены секторами на металлический диск, который был закреплён на углошлифовальной машине (УШМ) с регулировкой оборотов для последующей раскрутки и обработки чистой гидроструей без абразива. Параметры обработки были заданы следующим образом:

Скорость резания: 2250 мм/мин

Давление: 300 МПа  
Диаметр сопла: 0,5 мм  
Частота оборотов диска: 10000 об/мин

После эксперимента поверхность дисков была отсканирована и размечена на концентрические зоны по удалению от центра диска. По полученным изображениям дисков при помощи программного обеспечения Paint.net было вычислено относительное изменение площади поверхности для различных видов красок в каждой из зон.

По результатам обработки было отмечено, что разные краски проявили разный уровень износостойкости. В частности порошковые покрытия чистой струёй воды повредить не получилось, в то время как FERRUM PREMIUM была стёрта полностью, что говорит о её крайней низкой износостойкости, для оценки которой требуется коррекция параметров эксперимента. Что касается красок CORALINO и «РАСЦВЕТ», то для этих ЛКП удалось померить относительное изменение площади в каждой из зон. При этом было выявлено явное превосходство краски «РАСЦВЕТ» по отношению к CORALINO по износостойкости, а также уменьшение площади оставшегося покрытия по мере приближения к центру диска, что согласуется с теорией и связано с увеличением числа проходов гидроструи по одному и тому же месту образца, вследствие уменьшения длины радиус-вектора до конкретной точки поверхности при постоянной скорости подачи.

В целом текущие результаты этого эксперимента могут быть признаны удачными, но нужны дополнительные исследования для выработки методики УСД.

Во-первых, необходима более широкая выборка ЛКП для статистического подтверждения стабильности результатов эксперимента согласно зонной гипотезе.

Во-вторых, необходимо провести УСД для одинаковых ЛКП, нанесённых на материалы с разной шероховатостью, для проверки зависимости остаточной площади покрытия от адгезионных свойств образца.

Данные исследования будут проведены в дальнейших работах, что позволит отработать алгоритм методики для её практического применения.

Список используемых источников:

1. Гуськов Ю. А., Хрянин В. Н., Пчельников А. В., Железнов А. А.: Исследование систем лакокрасочных покрытий, применяемых при окрашивании сельскохозяйственной техники, на сопротивление истиранию [Текст] // Достижения науки и техники АПК. — 2016. — Т.30. №11. — С. 118-120
2. Абашин М. И., Галиновский А. Л., Хафизов М. В., Осипков А. С.: Ультразвуковая диагностика тонкопленочных покрытий // Энерго- и ресурсосбережение — XXI век Орёл, 15 марта — 30 июня 2014 года — С. 148-150
3. Деревич И. В., Галиновский А. Л., Вышегородцева А. С., Клочков А. К., Ключников М. В.: Моделирование процесса ультразвуковой абразивной диагностики [Текст] // Технология металлов. — 2022. — №11. — С. 48-58

## **Моделирование механического взаимодействия компонентов гибридного металл-полимерного композита**

Петров П.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Халиулин В.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Двигателем прогресса и развития технологий в машиностроении в первую очередь являются новые материалы. Способы их применения совершенствуются в результате стремления конструкторов и проектировщиков улучшить характеристики разрабатываемых конструкций. Доля использования полимерных композиционных материалов (КМ) с каждым годом растет за счёт их уникальных свойств, в первую очередь за счёт высоких удельных механических характеристик, позволяющих спроектировать легкую конструкцию с необходимой прочностью и жесткостью. В большинстве конструкций машиностроения элементы из полимерных композиционных материалов образуют соединения с

металлическими элементами. В связи с этим исследователями и инженерами решаются задачи сопряжения композита с металлом.

В работе рассмотрена возможность объединения композита с металлом путём совмещения армирующих волокон композита с металлической проволокой. В литературе уже встречаются работы по совмещению металлических и стеклянных волокон. В проекте FAUSST предложен способ совмещения разнородных волокон в трикотажной преформе [1]. Полученная преформа содержала три участка: из стекловолокна, стального волокна и расположенный между ними гибридный участок, образованных переплетением металлических и стеклянных волокон.

В данном исследовании преформа изготавливалась с использованием технологии направленной укладки волокна. Эта технология основана на укладке армирующего волокна на подложку по заданной траектории. Использование направленной укладки волокна позволяет эффективно использовать волокна в соответствии с предполагаемыми нагрузками. Преформа также имела три участка.

Особый интерес представляет гибридный участок. В рамках исследования было проведено моделирование механического взаимодействия компонентов гибридного участка. Была смоделирована ячейка периодичности гибридного композита с учетом объёмного соотношения между компонентами. Ячейка имела минимально возможные размеры, обеспечивающие достоверные результаты, чтобы уменьшить вычислительное время расчёта.

Анализ ячейки гибридного композита проводился в программной системе анализа методом конечных элементов по следующим этапам:

1) Определение упругих характеристик гибридного композита;

2) Определение и оценка напряжений в компонентах системы;

3) Определение распределения потоков нормальных усилий между компонентами гибридного композита;

Результатом исследования является определение основных факторов, влияющих на совместную работу компонентов гибридного металл-полимерного материала, рекомендации по улучшению их совместного взаимодействия, предположение о характере разрушения гибридного композита.

Список используемых источников:

1. Luterbacher R., Molter L. Connection element for composite and steel structures //Lightweight Design worldwide. — 2018. — Т. 11. — С. 14-19.

## **Методика расчета констант упругости двумерных углеродных материалов на примере диамана**

Полякова П.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф-м.н. Баимова Ю.А.

УГНТУ, Уфа

Интерес к двумерным материалам начался с открытия в 2004 году графена — моноатомного слоя атомов углерода, который экспериментально был получен расслоением графита. В последние годы двумерные углеродные структуры являются популярным объектом исследований, поскольку обладают высокой прочностью и малым удельным весом, что открывает широкую перспективу для их применения в различных областях промышленности [1,2]. Одним из таких материалов является диаман, который состоит из двух кристаллических слоев графена, в котором половина атомов углерода покрыта атомами водорода/фтора/хлора, а другая половина связывает два слоя друг с другом ковалентной связью [3]. Целью данной работы является изучение констант жесткости и податливости диамана при малых степенях деформации (до 1%) методом молекулярной динамики.

Рассмотрены две конфигурации диамана, которые обозначаются как D-AA и D-AB. Начальная структура состоит из 43200 атомов (с водородом), 28800 атомов (без водорода). Размер ячейки 26.5 нм вдоль направления кресло и 26.2 нм вдоль направления зигзаг. Для сравнения также рассматриваются структуры, увеличенные в размерах в 2 и 4 раза. Все

расчеты проводятся с использованием программного пакета LAMMPS и межатомного потенциала AIREBO [4]. В системе поддерживается постоянство температуры 0 К с помощью термостата Носе-Хувера. Периодические граничные условия применяются в направлениях x, y. В направлении z ячейка моделирования увеличена до 2 нм, чтобы не возникли силы Ван-дер-Ваальса между соседними слоями диаманта, при этом толщина диаманта с водородом равна 0.68 нм, без водорода — 0.46 нм.

Основываясь на законе Гука, методом молекулярной динамики были получены константы жесткости и податливости для диаманта двух морфологий D-AA и D-AB с водородом и без него. Показано, что увеличение размера ячейки моделирования не влияет на значения констант упругости. Установлено, что наличие водорода в структуре диаманта уменьшает его жесткость. Для всех структур получены достаточно высокие значения констант жесткости, что показывает высокую прочность диаманта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Республики Башкортостан Российской Федерации для молодых ученых.

Список используемых источников:

1. Baimova J.A., Liu B., Dmitriev S.V., Zhou K. Mechanical properties and structures of bulk nanomaterials based on carbon nanopolymorphs // *Physica Status Solidi. Rapid Research Letters*. 2004. V. 8 (4). P. 336.
2. Baimova J.A., Polyakova P.V., Shcherbinin S.A. Effect of the structure morphology on the mechanical properties of crumpled graphene fiber // *Fibers*. 2021. V. 9. P. 85.
3. Chernozatonskii L.A., Sorokin P.B., Kvashnin A.G., Kvashnin D.G. Diamond-Like C2H Nanolayer, Diamane: Simulation of the Structure and Properties // *JETP Letters*. 2010. V. 90. P. 134-138
4. Stuart S.J., Tutein A.B., Harrison J.A. A reactive potential for hydrocarbons with intermolecular interactions // *Journal of Chemical Physics*. 2000. V. 112. P. 6472-6486.

## **Влияние режимов микродугового оксидирования на геометрические размеры обрабатываемых изделий**

Савельев Д.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Гирн А.В.

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

Разработка высокоэффективных технологий поверхностного упрочнения металлов является актуальной задачей науки и техники настоящего времени. Микродуговое оксидирование (МДО) является перспективным процессом получения полифункциональных неорганических покрытий на металлах вентильной группы. Недостатком является длительная отработка технологических режимов для получения покрытия с заданными свойствами, и как следствие сложность прогнозирования характеристик получаемого покрытия. Причиной данных недостатков является отсутствие модели, учитывающей влияние множества факторов различной природы (электрической, химической, механической и др.) [1].

К изделиям ракетно-космической и авиационной техники предъявляются высокие требования и одним из таких требований является точность изготовления. Даже при экспериментально выявленном режиме образования покрытия с требуемыми характеристиками инженер-проектировщик может столкнуться с проблемой назначения допуска на изделие, предназначенное для нанесения покрытия методом МДО [2].

Исходя из этого цель работы заключается в выявлении допуска на толщину МДО-покрытия, предъявляемого к алюминиевым изделиям ракетно-космической или авиационной отрасли.

Методика исследования заключается в измерении размеров серии образцов прямоугольной формы из алюминиевых сплавов АМг6 и Д16Т до и после оксидирования при установленных параметрах, а также толщины МДО-покрытия.

Оксидирование производилось в электролитической ванне с водяным контуром охлаждения из нержавеющей стали объемом 2,5 дм<sup>3</sup>, стенки которой являлись также противозлектродом. Частота следования импульсов составляла 50 Гц, длительность обработки 600 секунд, соотношение составляющих тока (Кк:Ia) от 0,4 до 1,4, плотность тока от 15 до 30 А/дм<sup>2</sup>, температура электролита поддерживалась в диапазоне 20-30 °С. В качестве электролита использовался раствор гидроксида калия с жидким стеклом. Источник тока тиристорный трансформаторного типа [3].

Результатом является средняя величина 5 измерений размеров образца микрометром до и после обработки, а также толщина покрытия в 5 различных областях, фиксируемая вихретоковым толщиномером.

Разница толщины покрытия в 2-4 микрометра на плоской поверхности образца объясняется природой образования микродуг: они возникают в области наиболее толстой оксидной пленки, которая, в свою очередь, будет толще около углов образцов из-за распределения напряженности электрического поля. Поэтому достижение конкретной толщины покрытия невозможно по всей поверхности изделия.

МДО происходит при одновременном протекании процессов окисления и растворения материала (алюминиевых сплавов в щелочных электролитах). Поэтому для сохранения изделия в размерах необходимо, чтоб скорость растворения подложки в щелочном растворе была равна скорости роста МДО-покрытия. Образцы из сплава АМг6 показали толщину до и после обработки в пределах 0,02 мкм при плотности тока 15 А/дм<sup>2</sup> и соотношение составляющих тока (Кк:Ia) равном 0,8-1,2 с образованием МДО-покрытия толщиной 8,4 микрометров. В случае сплава Д16Т пределы размера толщины в 0,02 мкм удалось выявить при плотности тока 15-20 А/дм<sup>2</sup> и соотношение составляющих тока (Кк:Ia) равном 0,8-1,2 с образованием МДО-покрытия толщиной 7,6 микрометров.

В ходе исследования установлено, что при содержании в растворе электролита щелочи в концентрации не более 5 г/л параметры обработки, описанные выше, справедливы для получения слоя МДО-покрытия до 30 мкм на деформируемых алюминиевых сплавах с сохранением размера изделия в пределах 0,02 мм. В случае необходимости получения покрытия свыше 30 мкм обрабатываемую поверхность изделия следует изготавливать с припуском на величину, в пределах 50-75% от требуемой толщины покрытия.

Стоит отметить, что результаты исследования имеют практическое применение для МДО в свежем растворе электролита. По мере работы электролит вырабатывается и уменьшается количество свободных ионов из-за этого уменьшается скорость роста покрытия, поэтому необходимо дальнейшее корректирование допуска, что является актуальной темой для дальнейшего изучения.

Список используемых источников:

1. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование / И. В. Суминов, А. В. Эпельфельд, В. Б. Людин и др. М. : Экомет, 2003.
2. Процесс формирования структуры и состава МДО-покрытий на алюминиевых сплавах / А. Е. Михеев, Гири А. В., Вахтеев Е. В. и др. // Вестник СибГАУ. 2013. №2(48). С. 206-211.
3. Влияние плотности тока процесса микродугового оксидирования на массовые характеристики МДО-покрытия / Савельев Д. О., Михеев А. Е., Раводина Д. В. и др. // сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики (12–16 апреля 2021 г., Красноярск) : в 3 т. Т. 1. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. — Красноярск, 2022. С. 102-104.

## Механические и трибологические свойства самосмазывающихся покрытий CrAlN-Ag напыленных с использованием мозаичной мишени

Самохин Д.Б., Быкадоров А.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лозован А.А.

МАИ, Москва

Нитрид хрома является одним из наиболее часто используемых защитных покрытий. Добавление Al к CrN для образования твердого раствора Cr-Al-N улучшает его механические и трибологические свойства. [1,2] В последние два десятилетия большой интерес вызывают пленки, состоящие из керамики (преимущественно нитрида) и мягких металлов по микроструктуре и механическим свойствам. Мягкий металл был выбран из-за его низкой растворимости в керамических фазах. Введение металла уменьшает размер зерна керамики, поэтому повышает твердость и даже ударную вязкость пленок. [3,4]

Другим подходом к разработке новых защитных покрытий, которые могут демонстрировать значительно лучшие трибологические свойства, является включение дополнительных легирующих элементов в их структуру и получение таким образом нанокompозитного покрытия. Композиция CrAlN-Ag потенциально может быть использована в качестве самосмазывающейся пленки для трибологических применений.

Нанокompозитные пленки CrAlN-Ag с различным содержанием включений Ag осадились методом реактивного магнетронного распыления в атмосфере Ar/N<sub>2</sub>. В этом исследовании применяются две мишени: диск из чистого хрома (99,95%) диаметром 112 мм и толщиной 6 мм и мозаичная мишень из Al-Ag(сплав с 8% Cu). Мозаичная мишень представляет собой диск из хрома также диаметром 112 мм и толщиной 6 мм из Al и радиально наложенными на него полосками Ag, распределенными по следу эрозии. Изменением числа полосок проводили настройку концентрации Ag в пленках.

Микроструктуру и элементный состав пленок исследовали методами рентгеновской дифракции, растровой электронной микроскопии и энергодисперсионной спектроскопии. Механические свойства были охарактеризованы в отношении твердости и трибологии. Скорость изнашивания пластин из нержавеющей стали с покрытием CrAlN-Ag измеряли с использованием триботестера типа «шарик на диске». Скорости износа затем определяли по множественным поверхностным профилометрическим следам по дорожке износа.

Результаты экспериментов показывают, что введение и концентрация Ag влияют на морфологию и микроструктуру пленок. Анализ рентгенограмм показывает, что структура CrAlN существенно изменилась при добавлении серебра. Пики CrAlN становятся шире в результате измельчения зерна, которое инициируется осаждением двух несмешивающихся фаз с образованием нанокompозитной структуры.

Твердость пленок уменьшается с увеличением концентрации Ag и температуры нагрева. Установлено, что как коэффициент трения, так и износостойкость зависят от концентрации Ag и температуры скольжения. Коэффициент трения составил 0,3 при содержании Ag, но резко увеличился до 0,83 для покрытий с 22 ат. % Ag. Было установлено, что скорость износа CrAlN-Ag (6 ат.%) составляет  $5,0 \times 10^{-8}$  мм<sup>3</sup> / Нм.

Список используемых источников:

1. H. Willmann, P.H. Mayrhofer, P.O. Å. Persson, A.E. Reiter, L. Hultman, C. Mitterer, *Scr. Mater.* 54 (2006) 1847.
2. M. Bizuela, A. Garcia-Luis, I. Braceras, J.I. Oñate, J.C. Sánchez López, D. Martínez-Martínez, C. López-Cartes, A. Fernández, *Surf. Coat. Technol.* 200 (2005) 192.
3. C.P. Mulligan, D. Gall, *Surf. Coat. Technol.* 200 (2005) 1495.
4. K. Kutschej, C. Mitterer, C.P. Mulligan, D. Gall, *Adv. Eng. Mater.* 8 (2006) 1141

## **Численный анализ процесса дорнирования соединительной цилиндрической муфты из сплава с памятью формы с учётом влияния на поведение материала вида напряжённого состояния**

Шарунов А.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Мовчан А.А.  
МАИ, ОКБ «Сухого», Москва

Применение СПФ [1] в качестве материала используемого для изготовления соединительных муфт диктует необходимость получения достоверных результатов анализа НДС подобных соединений. Основным вопросом при проектировании муфт из СПФ для применения в гидравлической и топливной системах ЛА, является способ ее предварительной радиальной раздачи (увеличение внутреннего радиуса муфты) в процессе прямого мартенситного превращения, либо в режиме мартенситной неупругости. Проведение подобных расчетов аналитическими методами затруднено ввиду объективной сложности определяющих соотношений СПФ, неоднородности распределения НДС по сечению оболочки, а также необходимости учета влияния вида напряжённого состояния на поведение этих материалов [2].

Одним из способов решения данных краевых задач является использование коммерческих пакетов конечно-элементного моделирования. В работе [3] рассматривается численное моделирование процесса деформирования толстостенной сферы из СПФ в низкотемпературном мартенситном фазовом состоянии с учетом разностопротивляемости этих сплавов и проведена верификация данного программного модуля.

Данная работа посвящена численному моделированию процесса раздачи толстостенной цилиндрической муфты из сплава с памятью формы (СПФ) в режиме мартенситной неупругости (МН). Процесс раздачи происходит путем дорнирования. Приведенное в работе решение учитывает зависимость НДС оболочки от вида напряженного состояния. Используемые при решении определяющие соотношения для СПФ соответствуют распространению на случай учета влияния вида напряженного состояния объединенной модели фазового и структурного деформирования СПФ [4], точнее варианта этой модели, учитывающей только изотропное упрочнение для структурного деформирования.

Список используемых источников:

1. Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. — 216 с.
2. Мовчан А.А., Казарина С.А., Сильченко А.Л. Диаграммы мартенситной неупругости никелида титана при растяжении, сжатии и сжатии после растяжения // Механика композиционных материалов и конструкций. — 2015. — Т.21. — №1. — С. 83-93.
3. Саганов Е.Б., Шарунов А.В. Решение задачи о сфере из сплава с памятью формы, находящейся под действием постоянного давления, с учетом разностопротивляемости материала // Механика композиционных материалов и конструкций — 2020. — Т.26. — № 1. — С. 108-121.
4. Мовчан А.А. Объединенная модель фазово-структурного деформирования сплавов с памятью формы // Деформация и разрушение материалов. — 2020. — №11. — С. 2-10.

# Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса

## Секция №9.1 Экономика и менеджмент высокотехнологичных предприятий аэрокосмической сферы

---

### Программы лояльности как механизм стимулирования спроса на услуги авиакомпаний

Анциферов А.П.

Научный руководитель — Буланцева Л.В.

МАИ, Москва

В сложной экономической и политической ситуации, в которой находятся, сегодня, все российские предприятия, остро стоит проблема обеспечения роста спроса на продукцию и услуги. Решением этой проблемы озадачены и российские авиаперевозчики.

Среди ценовых факторов, влияющих на спрос, выделяют: уровень цен на авиабилеты, дифференциация тарифов на них, льготы и промоакции, инфляционные ожидания; в перечне опосредованных, одним из важных считается «лояльность потребителей к авиакомпании» [3]. В контексте настоящего исследования, под лояльностью будем понимать устойчивую приверженность к бренду со стороны клиентов при выборе ими авиаперевозчика. Одним из механизмов стимулирования спроса и обеспечения приверженности к марке считаются программы лояльности, которые впервые были разработаны и использованы авиакомпанией American Airlines. Её программа — Frequent-Flyer Program (FFP) действовала для постоянных клиентов и предусматривала начисление баллов на карточки за каждый полет её рейсами, возможность получения скидок или предоставления бесплатного билета в зависимости от накопленной суммы. На протяжении многих лет авиакомпании совершенствуют программы лояльности, расширяя их возможности.

Проведенное исследование показало, что все авиаперевозчики имеют программы лояльности, включающие следующие основные позиции:

- «Накопление миль», отличающееся у разных авиакомпаний по начисляемому количеству за полеты и другие услуги пассажирам;
- «Клубные программы» с присвоением разного уровня статуса пассажира и вытекающих отсюда привилегий для них, отличающихся по широте предложения у разных авиакомпаний;
- «Специальные предложения и «акции» имеют различия в сроках начала, окончания, продолжительности проведения, вариативности возможностей использования для пассажиров различных возрастных категорий, социального статуса и направлений перевозок.

В результате исследования были сделаны выводы относительно использования авиаперевозчиками программы лояльности:

1. Программы стимулируют возврат на вложения вследствие комбинированного воздействия не только на частоту покупок, но также и на качество маркетинговых транзакций, поскольку лояльные клиенты становятся значительно менее чувствительными к изменению цен.

2. Авиакомпании, использующие программы лояльности, имеют обширную постоянно пополняемую информацию о своих клиентах, начиная с их «портрета», количестве покупаемых билетов, желаемом классе обслуживания, второстепенных тратах на услуги партнеров и об оценке их деятельности, и заканчивая претензиями, отмеченными пассажирами, что позволяет оперативно реагировать на них, снимая напряженность. Среди

рекламаций, отмечаются наиболее существенные: навязчивость предложения поучаствовать в программе; не всегда внимательное отношение к клиентам. Данные рекламации связаны с персоналом, поэтому не менее важно не только совершенствовать программу лояльности, но и обеспечивать рост профессионализма всех сотрудников авиакомпании.

3. Выбор посредников, операторов услуг, агентов и партнеров, которые своей деятельностью влияют на склонность к бренду, является важной задачей. Подход к их отбору должен базироваться на исследованиях рынка услуг и анализе работы подрядчиков-конкурентов.

4. Система скидок, используемая в программах лояльности, может повлиять на снижение средней стоимости авиаперевозки и, соответственно, доходов и прибыли авиакомпаний, но отказ от неё приведет к падению спроса.

5. Программы лояльности являются драйвером успеха не только для авиакомпаний, но и для предприятий и организаций в других областях бизнеса.

Список используемых источников:

1. Горбунов А.П. Специфика программ лояльности авиакомпаний «Аэрофлот» и «S7 Airlines» как механизм повышения социально-экономической эффективности сферы рекреации и туризма. Сборник статей X Международной научно-практической конференции. 2018. С. 276-279. Дата публикации 2018 г.

2. Программы лояльности как эффективный инструмент привлечения и удержания клиентов в туристическом бизнесе. Макринова Е.И., Лысенко В.В., Чурсина Е.В. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2022. № 2 (93). С. 211-227. Дата публикации 2022 г.

3. Учет факторов спроса на авиауслуги в разработке стратегии авиакомпании. Короткова Т. Л, Мунджшвили И. И. Журнал «Экономические и социально-гуманитарные исследования» № 3 (23) 2019 38-50. Дата публикации 2018 г.

## **Маркетинговая стратегия развития авиационной промышленности**

Бабинская В.А.

Научный руководитель — доцент, Землянская Н.Б.

МАИ, Москва

В современных условиях, маркетинг всё больше приобретает стратегический характер. Отрасли стремятся к устойчивому развитию и способности выживать на рынках.

Под маркетинговой стратегией понимается долгосрочное планирование, целью которого служит достижение высокой конкурентоспособности. Именно достижение данной цели становится ключевым аспектом на данном этапе экономической нестабильности. Отрасль стремится закрепить свои позиции на мировом рынке в долгосрочной перспективе.

Авиационная промышленность, всегда являлась одной из ключевых высокотехнологичных отраслей. Для Российской экономики приоритетную важность обретает развитие авиационной структуры. Авиационная промышленность выполняет мультипликативную функцию развития экономики страны.

По данным на 2016 года общий объем продаж продукции отечественной авиационной промышленности составил около 21,8 млрд. долларов, при этом обеспечивалось более 414 тысяч рабочих мест. Более того авиационная отрасль занимает около 1% от ВВП страны. Развитие данной отрасли способствует также и росту смежных отраслей, ведь при производстве и функционировании задействуются сразу множество отраслей: химическая, легкая, металлургическая и радиоэлектронная промышленности.

Российское государство одна из немногих стран, где задействована авиа промышленность как в гражданском, так и в военном сегментах.

При нынешней нестабильности экономики, авиационная промышленность демонстрирует высокие темпы роста на мировом рынке. На данный момент мировой парк коммерческой гражданской авиации составляет около 26,5 тысяч воздушных судов. При этом ежегодный прирост авиаперевозок около 5%. Вызвано это ростом мирового ВВП и

авиаперевозок, ростом населения, а также большое количество вооруженных конфликтов поддерживается за счет сегмента военной и специальной авиации.

Однако низкие показатели отечественного авиапрома в данной нише обусловлены рядом проблем, одной из которых является, недостаточная работа органов по продвижению авиатехники. Поэтому важность стратегии приобрела приоритетную сторону.

Формирование эффективной системы продвижения, системы послепродажного обслуживания и продаж должно учитывать, что продукт гражданской авиации, который получает конечный потребитель должен представлять с собой комплекс воздушного судна и его эффективной эксплуатации, а именно послепродажное обслуживание, которое включает в себя возможность ремонта при помощи запасных частей, комплектующих и принадлежностей во время эксплуатации и сертификация. Для этого необходимо будет сформировать единую базу информации по компонентам авиационной промышленности, ввести партийные номера отечественных компонентов, которые задействованы в авиационной промышленности. Ведь без грамотно функционирующего комплекса обслуживания лизинг становится невозможен, а продукт попросту останется незавершенным, как следствие снижение цены и неспособность конкурировать на рынке.

Для развития каналов продвижения следует задействовать все возможные выходы: выставочно-ярмарочные мероприятия; операционный лизинг; сбыт судов при помощи договоренностей.

Государство должно предпринять меры, которые будут направлены на поддержание российских лизинговых компаний. Такие меры смогут снизить финансовые барьеры для входа на рынок и авиаперевозчикам смогут предлагать воздушные суда российского происхождения по более конкретным ценам. Государственная поддержка сможет обеспечить лизинговым компаниям субсидирования и обеспечит рост приобретений российский авиа судов.

Необходимо также создать цифровую среду, которая будет содержать в себе информацию о ценах, банках, страховании и других данных, чтобы обеспечить доступность и понятность потребителям, а также возможность потребителю самостоятельно выбрать ему нужную услугу

Возможность получения компенсации при утилизации воздушного судна, которая сможет потом использоваться для внесения платежей по лизингу отечественных авиа судов

Для гражданского двигателестроения эффективность канала продвижения является продажа двигателей уже включенных в состав воздушных судов. А в условиях минимального спроса на российские компоненты авиационной промышленности упор необходимо делать на положительную репутацию, историю и развития бренда и минимальных сбоях в отказе двигателя при эксплуатации.

Необходимо увеличивать парк российских воздушных судов в которых основными компонентами будут отечественного производства, при этом гарантированное своевременное сервисное обслуживание будет гарантировано.

Для обеспечения сертификации продукции при помощи государства, необходимо будет стабилизировать требования сертификации к продукции между зарубежными и российскими требованиями, разрабатывать новые стандарты, работа в рамках деятельности

МКСААП. Данные действия будут способствовать признанию стандартов отечественного авиапрома на международном рынке

Список используемых источников:

1. Котляревская, И.В. К73 Стратегический маркетинг : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / И.В. Котляревская ; Мин-во науки и высшего образования РФ.— 3 е изд., перераб. и доп.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019.— 138 с.

2. <https://interfax-ru.turbopages.org/turbo/interfax.ru/s/business/849118>

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Стратегии развития авиационной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».

## **Маркетинговые исследования в авиационной промышленности как современный метод для прорывного развития предприятия**

Бармин О.О., Тимохин Д.А.

Научный руководитель — Буланцева Л.В.

МАИ, Москва

В условиях жесткой рыночной конкуренции и пониженного спроса на продукцию в связи с глобальными экономическими проблемами для успешной работы предприятий необходимо глубокое знание рынка и его тенденций к изменениям, для этого проводятся маркетинговые исследования.

Дефиницию «маркетинговые исследования» используют в узкой и широкой трактовке. Первая определяет маркетинговые исследования (МИ) как эпизодические исследования, проводимые компанией при оценке рисков и перспектив реализации конкретных проектов, например, при выходе на новые рынки сбыта. Вторая, определяет их, как усилия по систематическому сбору, хранению, анализу, интерпретации данных по рынкам и потенциалу предприятия для обеспечения принятия наиболее эффективных маркетинговых решений.

Маркетинговые исследования — это любая исследовательская деятельность, направленная на удовлетворение информационно-аналитических потребностей маркетинга [1.9 с.]. В такой трактовке МИ являются частью маркетинговой информационной системы (МИС), включающей персонал, техническое оборудование, программные продукты, позволяющие собирать, обрабатывать и анализировать информацию, используемую затем, чтобы предложить, оценить и принять оптимальные маркетинговые решения.

К подсистемам МИС относят:

- Внутреннюю отчетность, включающую часть корпоративной базы данных, в которой регистрируется весь коммерческий документооборот и другая, имеющаяся на предприятии, информация;
- Внешнюю маркетинговую информацию, которую получают в результате регулярного сбора данных о рынке, покупателях/потребителях, поставщиках, конкурентах и иных показателях маркетинговой макросреды получаемую путем маркетинговой разведки;
- Дополнительную рыночную информацию, потребность в которой возникает в случае разработки различных маркетинговых проектов и акций;
- Автоматизированные системы, методы и банк моделей современной статистической обработки информации для возможности анализа и интерпретации данных.

Использование МИС авиастроительными предприятиями позволяет исключить вероятность ошибки в расчетах, сокращает время обработки и анализа данных, что положительно отражается на принятии маркетинговых решений относительно выбора эффективных маркетинговых стратегий, обнаружения проблем и слабых мест; поиска возможностей для роста и развития; использования маркетинговых инструментов управления отношениями с клиентами и партнерами. Все это, в конечном счете, положительно сказывается на прибыльности компании.

Исследования, проводимые на предприятиях авиационной промышленности, имеют свои особенности, связанные со спецификой отрасли и рынка, которые заключается в следующем.

Рынок скорее можно назвать государственным и монополистическим, чем конкурентным, т.к. вход и выход на рынок для конкурентов достаточно органичен, а для военной авиации он практически закрыт для частных предприятий. Причины кроются в ограниченном финансировании; получении разрешающих документов на ведение данного вида деятельности; наличии репутационного капитала; в трудностях поиска покупателей в достаточном объеме и возможности реализации товара напрямую, минуя уполномоченные госорганы; высокой стоимости производимых продуктов и государственном регулированием цен.

Одним из важных и значимых моментов является то, что проведения МИ авиационного рынка имеют достаточно закрытую информационность, в частности, если это касается

военной авиации. Это обусловлено тем, что деятельность данных предприятий является специфичной.

Для получения новых контрактов, локализации зарубежного производства и наращиванию сотрудничества с зарубежными партнерами в сфере ОПК и гражданской авиационной промышленности, необходимо, в первую очередь, иметь четко спланированную стратегию внешнеэкономической деятельности, основанную на информационно-аналитической базе. В связи с этим, в корпорациях одним из основных способов получения информации является информационная разведка, проводимая на базе кабинетных исследований, которые, к сожалению, могут быть не всегда реалистичны, в связи с быстро меняющимися технологиями, ресурсами и не оперативностью получения данных. Поэтому, более важными для предприятий и корпораций сегодня является проведение полевых исследований, с использованием метода глубинного интервью, предполагающего не только дистанционное общение, но и прямой контакт, например, на международных выставках.

Основные тезисы рассматриваемой темы, представленные выше, базируются на основе обобщения опыта проведения МИ АО «ОДК», АО «КТРВ», ПАО «ОАК» и ряда других предприятий и корпораций отрасли, представленные в открытых источниках.

Список используемых источников:

1. Беляевский И. К. Маркетинговое исследование: информация, анализ, прогноз: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и допол. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2020. — 392 с.
2. Информационная разведка для предприятий ОПК как основа для принятия стратегических решений. — [Электронный ресурс] — режим доступа: URL:<http://unionexpert.su/informatsionnaya-razvedka-dlya-predpriyatij-opk-kak-osnova-dlya-prinyatiya-strategicheskikh-reshenij/> [Дата обращения: 14.01.2023]
3. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года. — [Электронный ресурс] — режим доступа URL:<http://static.government.ru/media/acts/files/1202206270017.pdf> [Дата обращения: 21.01.2023].

## **Гейтовая система управления проектом производства изделий из композитов**

Бодров Н.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Одним из направлений развития современного производства является использование новых материалов, обеспечивающих качественно новые характеристики продукции. К таким материалам относятся нано и метаматериалы, прозрачный алюминий, электронная ткань, композиты.

Композиты — это материалы, состоящие из нескольких компонентов с разными физико-химическими свойствами, в сочетании обеспечивающими его новые характеристики. Сегодня композиты используются в авиации, космосе, архитектуре, строительстве, энергетике, многих других отраслях. Хотя идея композитов стара, как мир (папирус, бетон, железобетон, бакелит, углепластик и многое другое), работа по созданию композитов с помощью новой технологии, в том числе с использованием искусственного интеллекта, продолжается. Для организации масштабной разработки и производства отечественных конкурентоспособных изделий из композитов в России создан инновационный научно-технологический центр «Композитная долина».

В работе предлагается использование гейтовой системы управления проектами производства изделий из композитов. В условиях временных и финансовых ограничений предлагаемый механизм позволит повысить эффективность системы «поток проектов» на всех этапах, начиная от отбора проектных идей и заканчивая запуском изделия в полномасштабное производство.

Гейтовое управление основано на понятии «гейт» (сетевой шлюз) — это точка сети, которая служит выходом в другую сеть — и представляет собой механизм отбора

промежуточных продуктов в «потоке проектов» по критериям, в первую очередь, «стоимость–время», а также другим, важным для конкретных условий реализации системы.

В работе использование гейтовой системы рассмотрено на этапе бизнес-плана проекта и заключается в оценке бизнес-обоснования проекта производства изделий из композитов.

Первой задачей была систематизация всех производственных проектов по виду изделий из композитов. Эта задача потребовала поиска информации о рынках сбыта изделий из композитов (промежуточных и конечных), как существующих, так и потенциальных.

Далее необходимо было систематизировать все проекты по масштабу и технологии производства:

- Крупное производство с преобладанием неавтоматизированного оборудования;
- Машинное производство небольших партий мало- и среднегабаритных изделий;
- Промышленное масштабное производство мало- и среднегабаритных изделий;
- Промышленное производство крупногабаритных изделий.

В качестве примера в работе рассматривается гейтовая система управления проектом производства изделий из ненасыщенных полиэфирных смол, которые в основном используются в строительстве и транспортной индустрии.

Одним из первых «ворот» отбора в этом проекте является выбор технологии изготовления деталей из композитов универсального назначения: напыление, прессование, намотка, магнитно-импульсная технология и др.

Выбранный метод центробежного формирования, используемый передовыми европейскими компаниями, имея несомненные достоинства, в полномасштабном варианте реализации требует создания специальной лаборатории по разработке и применению технологии, что сопряжено с большими инвестиционными и временными затратами. Соответствующие проекты не прошли отбор и попали в состав перспективных гейтовых проектов, для которых пока ещё разрабатывается механизм гейтового отбора на этапе их реализации.

Список используемых источников:

1. Голубев Е. В., Романов В. В. Обзор и анализ технологий производства композитов. ЦИФРОВАЯ НАУКА №4 2021, с.12-16
2. О применении проектного подхода для совершенствования стратегического планирования в Российской Федерации в 2022–2023 годах В.В. Еремينا, Н.В. Кузнецова, Т.К. Чернышева. ЭКОНОМИКА. НАЛОГИ. ПРАВО / Т. 15, № 1'2022 с. 105-113
3. Использование гейтового подхода для реализации инвестиционных проектов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.advanta-group.ru/> (дата обращения: 20.02.2023).

## **Инструменты отслеживания требований при реализации проектов в ракетно-космической отрасли**

Груздева Е.Е.

Научный руководитель — Жуков С.В.

АО «Организация «Агат», Москва

Проектное управление состоит из групп подпроцессов планирования, организации и контроля и направлено на эффективное достижение целей проекта [3]. Управление требованиями в проектном менеджменте — сквозной процесс, пронизывающий все стадии жизненного цикла проекта. В литературе отмечается необходимость комплексных исследований проблем использования ракетно-космической техники на основе управления требованиями [2].

Специфика ракетно-космической отрасли (РКО) заключается в уникальности создаваемой продукции, а также в масштабе кооперации задействованных в проекте участников. Следовательно, применение проектного подхода обусловлено спецификой проектов в РКО.

Проблемный вопрос исследования: какие инструменты используются при реализации проектов в ракетно-космической области в России. Объектом исследования является

управление требованиями как сквозной процесс проектного менеджмента в РКО. Предмет исследования: инструменты, используемые при отслеживании и контроле требований, предъявляемых к проекту РКО на всех стадиях его жизненного цикла.

В докладе проведен обзор государственных стандартов, регулирующих управление требованиями в рамках проектного менеджмента, а также мониторинг инструментов для управления требованиями в отечественной и мировой практике проектного менеджмента. Выделены преимущества и недостатки инструментов отслеживания требований, используемых в РКО. Определены особенности формулирования требований и их управления в РКО.

Управление требованиями — это совокупность видов инженерной и управленческой деятельности по формированию требований к изделию, их анализу, структурированию, документированию, взаимному согласованию, утверждению, учету выполнения, а также согласованное и контролируемое изменение требований при необходимости [1].

Для управления требованиями на всех стадиях жизненного цикла изделий машиностроения, приборостроения и их составных частей используются следующие стандарты:

- ГОСТ Р 59194-2020 Управление требованиями. Основные положения
- ГОСТ Р 59193-2020 Управление конфигурацией. Основные положения
- ГОСТ Р 56135-2014 Управление жизненным циклом продукции военного назначения.

Общие положения

- ГОСТ Р ИСО 10007-2019 Менеджмент качества. Руководящие указания по менеджменту конфигурации
- ГОСТ Р 58299-2018 Порядок представления результатов проектно-конструкторских работ в электронной форме. Общие требования

В мировой и отечественной практике управления требованиями в проектах РКО используются различные инструменты, упрощающие данный процесс и исключающие возможные ошибки при изменении требований на любой стадии жизненного цикла проекта.

К таким инструментам относятся в первую очередь матрица требований и план управления требованиями. Использование обоих инструментов предполагает актуализацию данных на всех этапах жизненного цикла проекта, что зачастую не происходит достаточно оперативно, вызывает последствия для других участников проекта и влияет на ход выполнения задач.

Матрица требований — представленная в виде сводной таблицы информация о требованиях, критериях приемлемости, а также методах испытаний для оценки и верификации требований. Данная матрица позволяет убедиться в том, что каждое требование вносит вклад в достижение целей проекта.

План управления требованиями — это компонент плана управления проектом, описывающий способы анализа, документирования требований и управления ими. План управления требованиями может включать в себя порядок планирования, отслеживания и составления отчетов о действиях в отношении требований и другие данные.

Для эффективного использования представленных инструментов в РКО процесс управления требованиями должен быть автоматизирован и максимально упрощен с целью ускорения процесса актуализации данных ответственными лицами. Решением проблемы эффективного управления требованиями и использования представленных в докладе инструментов может быть повсеместное внедрение на предприятиях РКО программно-технологической системы «Сквозное целевое планирование проектов ракетно-космической отрасли» (ПТС ПЦП). ПТС ПЦП представляет собой единую информационную среду управления данными о программах и проектах, реализуемых в структурах РКО, и опыт её использования показал положительную динамику в процессе управления требованиями.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 59194-2020. Управление требованиями. Основные положения.

2. Клюшников В.Ю., Жиганов А.Н., Данилюк А.Ю., Симонов М.П. Управление требованиями как инструмент проектирования ракетно-космической техники // Двойные технологии. — №4 (73). 2015. с. 24-30.

3. A guide to the project management body of knowledge (PMBok guide) 6th edition. Newton Square, PA: Project management institute, 2017.

## **Принципы коммерциализации нематериальных активов**

Дюбанов А.В., Гусев С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калошина М.Н.

МАИ, Москва

Современную промышленность невозможно представить без использования результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Использование инновационных материалов и средств производства является недостаточным условием для эффективного функционирования промышленного предприятия. Существенную значимость в структуре имущества компании приобретают нематериальные активы (НМА), внедрение которых обеспечивает успешную финансовую составляющую бизнеса. Результаты научно-исследовательских работ (НИР), исключительные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы, товарные знаки, деловая репутация и имидж — лишь часть нематериальных активов, способных создать уникальные конкурентные преимущества, которые в свою очередь гарантируют рыночное первенство и более высокие доходы.

Примером использования НМА в деятельности предприятия является промышленный образец. Промышленный образец — интеллектуальные права на внешний вид изделия промышленного производства. Продукту предоставляется правовая охрана, если он является новым и оригинальным, отвечает признакам, регулируемым нормативно-правовыми актами. Виды промышленных образцов дифференцируются на объемные, имеющие трехмерную структуру; плоскостные, с двухмерной структурой; и комбинированные, содержащие признаки предыдущих двух видов.

Действующее законодательство позволяет рассматривать несколько способов коммерциализации РИД. Существует несколько вариантов того, каким образом правообладатель может передать свои права другим лицам: отчуждение исключительного права, при котором происходит полная продажа объекта с правами на него, со сменой владельца; коммерческая концессия (франчайзинг), направленная на передачу прав на использование нематериальных активов; лицензионный договор, предусматривающий ограниченное во времени предоставление исключительных прав. Наиболее часто встречающимся случаем коммерциализации является ситуация, когда предприятие создаёт промышленный образец исключительно с целью получения выручки, путем его передачи другим лицам, на основании договора купли-продажи. Промышленный образец может быть использован разработчиком для собственных нужд для НИОКР, производства или в качестве демонстрационного объекта. Так же можно рассматривать случаи, когда предприятие дорабатывает объект нематериальных активов, и использует с целью расширения своих технологических возможностей и, как правило, последующего увеличения экономических выгод.

Для оценки экономической эффективности выбранного варианта коммерциализации НМА необходимо сформировать финансовую модель, которая представляет собой взаимозависимую совокупность доходов и расходов и функциональную связь между ними.

Список используемых источников:

1. Новиков С.В., Diego Felipe Arbelaez-Campillo. Исследование проблем коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности на высокотехнологичных предприятиях // СТИН. 2021. №5. С.24-28.

2. Калошина М.Н., Власова О.М. Оценка эффективности формирования и использования НМА в учреждениях государственного учреждений // Ежемесячный журнал «Управленческий учет» выпуск N 11 ч. 3 2021, стр. 609-617

3. Коржуева Л.М., Калошина М.Н. Комплексный подход к управлению результатами научно-технической деятельности // Издательство «Доброе слово», 2016. — 240 с.

## Применение методов управления изменениями при реализации процессов управления инновационными проектами

Ермилов Я.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калошина М.Н.

МАИ, Москва

В процедуре реализации инновационных проектов в аэрокосмической отрасли важнейшим этапом является стадия управления изменениями, которая позволяет актуализировать инвестиционный портфель путем принятия решений о целесообразности продолжения действующих и включения новых научных исследований и разработок. Применяемые на этом этапе методы имеют специфические признаки, связанные с особенностями функционирования аэрокосмической отрасли.

Модель Курта Левина состоит из 3 этапов. Первый этап — «Размораживание» предполагает управление, подготовку и побуждение к изменениям, цель которых направлена на проектные организационные изменения. Второй этап — «Движение» представляет собой изучение нового, доработку и адаптацию инновационных проектов под изменение технического задания, а также процедуру исследования. Заключительный этап — «Замораживание/Размораживание» включает оценку степени достижения результата в заданные проектные сроки в соответствии с системой показателей оценки, а также потребностями развития отрасли.

Методология АИМ предполагает внесение изменений в соответствии с готовностью и способностью сотрудников адаптироваться к новым условиям, которые для предприятий аэрокосмической отрасли связаны с освоением новых программных продуктов, применением инновационных технологий и техники. Методология АИМ позволяет промышленным предприятиям применить цифровые технологии формирования и внедрения проектных изменений с идентификацией проблем, ошибок и причин их возникновения. Преимущество данной методологии заключается в том, что АИМ позволяет скорректировать план в ответ на новые изменения и внести необходимые корректировки путем их планирования с последующей оценкой степени результативности. Для реализации методологии АИМ возможно использование программного обеспечения (ПО) «Almaz Monitoring», которое нацелено на работу с большими базами данных. ПО основано на моделях прогнозирования различных показателей в виде временных трендов. Программный продукт позволяет на основе ретроспективной информации сформировать прогнозные трендовые оперативные технико-технологические и финансово-экономические показатели инновационного проекта, а также сравнивать затем их с фактически достигнутыми, что обеспечивает комплекс критериев оценки степени достижения научно-технических результатов по каждому исследованию и портфелю в целом.

Применение методологии управления изменениями позволяет повысить эффективность управления портфелем инновационных проектов на предприятиях аэрокосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Горелов Б.В., Гязова М.М. Методы и модели управления инновационными процессами / Б.А. Горелов, М.М. Гязова. — М.: ООО «ЭЦК «Профессор», 2017. 160 с.
2. Управление проектами. Теория и практика: Учебное пособие / Под ред. П.А. Нечаева; Федеральное агентство по образованию, Моск. Авиац. Ин-т (гос. Техн. Ун-т). — М.: Доброе слово. 2008. — 272 с.
3. Коржуева Л.М., Власова О.М. Формирование ассортиментного портфеля результатов интеллектуальной деятельности бюджетных учреждений с использованием ABC и XYZ — анализ. Журнал «Экономический анализ: теория и практика», том 21, вып. 8 августа 2022 с. 1460-1480
4. Калошина М.Н., Габуев В.В. Формирование принципов построения механизма управления инвестиционными проектами и программами в Концерне. Экономика и предпринимательство, 2020, 10с.

## **Концепция интеграции MDC-систем и систем имитационного моделирования**

Киселева П.И., Колеганова Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хаймович А.И.

Самарский университет, Самара

Для успешного проектирования и анализа производственного цеха достаточно данных из результатов предварительных расчетов по эмпирическим формулам, но они не позволяют определить его «узкие места», а также насколько достаточны производственные мощности с учетом поломок и других издержек. Часто при моделировании ТП использование набора систем уравнений не приносит ожидаемых результатов, поэтому для дальнейшего анализа производственного участка применяют имитационное моделирование из-за отсутствия возможности проведения натуральных экспериментов.

Так как технологические процессы содержат множество параметров и нелинейные зависимости, а система имеет качественно различные состояния (непрерывные процессы, прерываемые дискретными переходами) и обладает как вероятностным поведением, так и обратными связями, то метод имитационного моделирования применяется достаточно часто. Кроме того, имитационный подход незаменим, когда необходимо сопроводить модель симуляцией.

В данной работе рассмотрены базовые алгоритмы оперативного управления цехом с использованием интеграции MDC — систем и систем имитационного моделирования. При моделировании работы автоматизированного участка механической обработки деталей в программе AnyLogic был применен дискретно-событийный метод.

В этом методе моделирования выделяются пассивный и активный объекты моделирования — заявка и сервис. Заявками в рассматриваемом случае служат заготовки. Сервисом являются операции, которые выполняются над заявками — механическая обработка заготовок. К сервисам для их работы подключаются ресурсы — необходимое оборудование, а также помещение. Штучно-калькуляционное время для данной модели импортировано из MDC-системы.

В рамках рассматриваемой задачи моделируется автоматизированный цех механической обработки ответственных деталей типа корпус, форсунка, завихритель, втулка. Модель может быть использована для оптимизации производственно-технологического потока без проведения натуральных испытаний для повышения показателей КПЭ (KPI).

## **Востребованность технопарков в сфере высоких технологий**

Ковальчук А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

Перед промышленностью сейчас стоит важнейшая задача — повысить уровень импортнезависимости и наладить механизмы работы предприятий в условиях санкций. Вопросы также были обращены и к отечественному бизнесу — необходимо активно начать реализацию проектов по развитию высокотехнологичного производства на всей территории Российской Федерации.

Наибольшую опору в исполнении поставленных целей сейчас предстоит получить от технопарков — комплексов объектов инфраструктуры, направленных на развитие и продвижение инновационной культуры. На данном этапе в соответствии с федеральным законом разделяют понятия индустриальный (промышленный) парк и промышленный технопарк — их основные различия состоят в возможности ведения научно-технической деятельности, в том числе инновационной деятельности в сфере освоения производства промышленной продукции, а также в праве коммерциализировать полученные разработки. Именно этот аспект привлекает предприятия отраслевой промышленности к участию в деятельности технопарков — резиденты используют инфраструктуру технологических парков для создания новшества с предоставляемыми льготами и преференциями.

В российском законодательстве по вопросу технопарков ожидаются дополнения в терминологию — в стадии проекта находится внесение изменений в федеральный закон для законодательного закрепления понятия «технопарк в сфере высоких технологий». Начиная с 2020 года этот термин закрепился наряду и с другими видами технопарков, обособленных к 2022 году. Ассоциация кластеров и технопарков России совершенствует нормативную базу и позволяет разделить технопарки на 4 вида: технопарк в сфере высоких технологий, промышленный технопарк, агропромышленный технопарк и экотехнопарк. В сравнении с предыдущими годами, разделение преимущественно основывалось на функциональных моделях, что раскрывало базу создания технопарков, но не ориентировалось на отраслевую направленность. В связи с последними мировыми событиями, в настоящий момент для российской экономики важно развивать отраслевую причастность технопарков, в связи с чем разграничение технопарков в сфере высоких технологий позволяет создавать отечественные продукты на основе научно-технических разработок вне зависимости от импортных технологий.

Разделение и уточнения в терминологию, используемой в среде технопарков, позволяет улучшить инструмент мер государственной поддержки и развития инновационного производства на территории РФ.

Помимо уточнений в законодательной базе, нововведения возникли и в методике рейтинга технопарков России, где рассматривается эффективность деятельности технологических парков на основе 6 групп показателей. Новые индексы отражения эффективности делают упор в большей степени на инвестиционную привлекательность технопарка в зависимости от регионального расположения, а также учитывают выполнение управляющей компанией технопарка вопросов глобальных экономических вызовов. Под последним подразумевается приверженность к устойчивому развитию, промышленная революция 4.0 и соответствие моделям международного производства. Таким образом, технопарки повышают свою конкурентоспособность, прорабатывая инвестиционную привлекательность для отечественных резидентов.

Подводя итоги, можно сказать, что на сегодняшний момент перед вопросом создания высокотехнологичной продукции постепенно убираются преграды. Дополнительные меры поддержки и стимулирование со стороны государственных органов власти позволяют активно реализовывать проекты на базе промышленных технопарков и технопарков в сфере высоких технологий.

Список используемых источников:

1. О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ (последняя редакция): Принят Государственной Думой 16 декабря 2014 года.
2. О промышленных технопарках и управляющих компаниях промышленных технопарков (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2019 г. № 1863.
3. Технопарки России и Беларуси — 2022: ежегодный обзор / И.Е. Гусев, Е.И. Кравченко, М.А. Лабудин, А.Р. Новикова, М.С. Серёгин, А.В., Сосновский, А.В. Шпиленко; Редакционная коллегия: А.Н. Козловский, Е.С. Постникова, Л.В. Данилов, А.В. Шпиленко; Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России.; Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь. — Москва : АКИТ РФ, 2022. — 113 с.:

## **Анализ и оценка основных показателей работы гражданской авиации Российской Федерации**

Кубряк В.А.

Научный руководитель — Соболева Э.И.

МАИ, Жуковский

Гражданская авиация является символом роста технического прогресса. Её развитие является мощным стимулом для отечественной науки и техники, промышленных

комплексов и образования. Она служит для обеспечения потребностей людей и экономики. У воздушного вида транспорта множество преимуществ:

- Быстрота передвижения;
- Безопасность;
- Наивысшая сохранность груза при доставке;
- Возможность доставки в удаленные и труднодоступные регионы.

Одними из главных критериев развития гражданской авиации является рост следующих показателей:

- Количество перевезенных пассажиров;
- Количество перевезенных грузов и почты.

В России доля воздушной перевозки пассажиров и транспортировки грузов непрерывно растет. С 0,1% в 2000 году до 0,8% в 2021 году относительно перевозок пассажиров другими видами транспорта [1].

Самым результативным годом по количеству перевезенных пассажиров является 2019: было перевезено свыше 128 млн.чел. (рост 10,3% по сравнению с предыдущим годом), в том числе на международных линиях – 55 млн.чел. (рост 16,3%): за пределами СНГ – 48,7 млн.чел., в пределах СНГ – 6,2 млн.чел., и на внутренних линиях – 73 млн.чел. (рост 6%). Вес перевезенных грузов и почты – 1,147 млн. тонн. Рост перевозки пассажиров обусловлен, в том числе за счет субсидирования региональных авиаперевозчиков, совокупный бюджет которых составил 17,1 млрд.руб., а пассажиропоток по итогам этих программ вырос до 3,2 млн. (рост 77,7%) [2].

В 2020 году показатели резко упали. Авиакомпаниями было перевезено 69,2 млн.чел. (спад 46%), в том числе количество пассажиров международных рейсов – 13 млн.чел. (спад 76,2%); за пределами СНГ – 11,6 млн.чел. (спад 76,2%) и в пределах СНГ – 1,45 млн.чел. (спад 76,5%), а показатели по внутренним перевозкам упали до 56,1 млн.чел. (спад 23,5%). Резкий спад перевозки пассажиров вызван пандемией коронавирусной инфекции. Приостанавливается регулярное и чартерное международное авиасообщение.

В сфере воздушных перевозок грузов был отмечен рост на 2,3% – 1,17 млн. тонн.

В 2021 году продолжается борьба с распространением COVID-19. Были приняты решения на послабления в связи с улучшением эпидемиологической ситуации. Возобновляется международная перевозка граждан с 78 государствами.

Делается упор на развитие авиаперелетов внутри страны. Пассажиропоток в этом году составил 111 млн.чел. (рост 60,3%) и лишь на 13,3% ниже показателя 2019 года. Количество человек, воспользовавшихся международным авиаперелетом составили 23,5 млн.чел. (рост 79,6%), что ниже уровня 2019 года на 57%: за пределы СНГ – 17 млн.чел. (рост 46,3%), а в пределах СНГ – 6,5 млн.чел. (рост 445,8%). Количество пассажиров внутренних рейсов составило 87,5 млн.чел. (рост 55,8%).

Правительство субсидировало сферу пассажирских воздушных перевозок на сумму в 21,240 млрд.руб. (рост 41,6%). По льготным тарифам было перевезено более 4,4 млн.чел.

Перевозка грузов в итоге составила свыше 1,47 млн. тонн (25,7%).

Рынок российской авиации прогнозировал хороший темп развития на 2022 год, но их ожидания не оправдались. Рост перевозки пассажиров не смог достичь рекордного 2019 года. Начало первого квартала (январь-февраль) было многообещающим: за этот период пассажиропоток составил 14 млн.чел. (рост 33,8% по сравнению с аналогичным периодом 2021 года), включая международный пассажиропоток – 3,62 млн.чел. (рост 325,6%), в том числе перелеты за пределы СНГ – 2,35 млн.чел. (рост 308,4%), и в пределах СНГ – 1,26 млн.чел. (рост 363,2%), и внутренний пассажиропоток – 10,4 млн.чел. (рост 11,1%). Перевозка грузов составила 209,8 тыс. тонн (рост 4,5%).

Прогнозировалось, что получится превзойти допандемийный 2019 (15,8 млн.чел.) год по показателям перевозки пассажиров, но этого не случилось – введенные в отношении России санкции сыграли в этом огромную роль. Закрытие воздушного пространства в большом ряде стран самым негативным образом повлияло на развитие международного российского авиасообщения, авиакомпании перестроились на внутренние перевозки.

В 2022 году было перевезено 95,2 млн.чел., что меньше на 14,2% по сравнению с 2021 годом. Только I квартал 2022 года смог превзойти по показателям количества перевезенных пассажиров аналогичный период 2021 года — 19,7 млн.чел. против 17 млн.чел. соответственно; во II квартале отмечается снижение показателя относительно предыдущего периода на 23,7% — 20,76 млн.чел. против 27 млн.чел.; в III квартале падение составило 18,1% — 32,3 млн.чел. против 39,5 млн.чел. в 2021 году; показатели пассажиропотока в IV квартале ожидаемо не смогли дотянуться до результатов 2021 года — 22,4 млн.чел. на 27,4 млн.чел., что составило падение в 18,15%.

Правительством страны принято решение о субсидировании отрасли на 172 млрд.руб. (рост 809%).

В 2023 году авиакомпании планируют перевезти до 103 млн.чел., в том числе благодаря разным программам субсидирования на сумму, увеличивается роль вертолетной техники для полетов в труднодоступные места на период до начала серийного производства современных отечественных самолетов [3].

Список используемых источников:

1. Перевозки пассажиров по видам транспорта общего пользования // Федеральная служба государственной статистики URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 28.02.2023).

2. Основные производственные показатели гражданской авиации // Федеральное агентство воздушного транспорта URL: <https://favt.gov.ru/deyatelnost-vozdushnye-perevozki-osnovnye-proizvodstvennye-pokazateli-ga/> (дата обращения: 28.02.2023).

3. О заседании Общественного совета при Росавиации 2023 // Федеральное агентство воздушного транспорта URL: <https://favt.gov.ru/novosti-novosti?id=9946> (дата обращения: 28.02.2023).

## **Управление образовательной средой аэрокосмического вуза**

Ласточкина Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Зубеева Е.В.

МАИ, Москва

Войдя в четвертую промышленную революцию (Индустрия 4.0), Российская Федерация произвела ряд совершенствований в производстве, стала массово внедрять процессы автоматизации, расширила применение информационных технологий, а главное — искусственного интеллекта в промышленности. Человек получил возможность контролировать машины через Интернет, а они облегчили работу человечеству при выполнении большого объема работ или особо опасных операций.

Масштабные изменения подтолкнули систему образования к новому циклу развития. Концепция «Университет 3.0» предполагает приобретение коммерческой выгоды от обретенных в процессе изучения знаний и разработанных технологий. Университет 3.0 создаёт управленческую среду, даёт возможность студентам выйти на перспективные высокотехнологичные рынки и показывает молодым умам лучшее будущее. Концепция Университета 3.0 была разработана еще в 1998 году, а в 21 веке аэрокосмические вузы России уже активно вступили в нее. Одним из триггеров послужила пандемия коронавируса, вынудившая вузы использовать технологии дистанционного обучения. Но пока мало уделяется внимания искусственному интеллекту и робототехнике, которые бы могли использоваться в процессе обучения.

Главная задача для эффективного развития данной концепции, дальнейшей продуктивной работы на высокотехнологичных предприятиях и развития плодотворной научной деятельности, — начиная с первого курса заинтересовать студентов и привить желание заниматься наукой. Если студент с первых дней учёбы уже окружён передовыми технологиями, то у него подсознательно будет формироваться интерес, ему не будет казаться это чем-то слишком сложным и не будет вызывать отторжения.

На данный момент главными игроками на рынке высоких технологий выступают азиатские страны, а именно Китай, Япония, Южная Корея. Погружаясь в особенности

системы образования КНР, обратимся к устройству территории университетов. Кампус оснащён всем необходимым для полноценной жизни и учёбы. На территории размещены различные учебные корпуса, почта, парковки для скутеров, общежития, парковые зоны, спортивные залы, своя система передвижения и курсирующие автобусы, библиотеки со свободным доступом ко всей информации, магазины, столовые и кафе, оснащённые роботами-официантами.

Как правило, в китайских кафе от компании Pudu Robotics представлены роботы двух моделей: BellaBot и PuduBot. Принципиальное отличие двух моделей во внешнем виде данных изобретений состоит в том, что BellaBot имеет сенсорные уши и голову, что имеет некое сходство с кошкой, на экране PuduBot отображаются только эмоции, глаза и улыбка. BellaBot может общаться и показывать различные эмоции. PuduBot не имеет разговорного модуля. Также с BellaBot можно взаимодействовать, в зависимости от вида жеста, робот произносит заготовленные фразы. Максимальная грузоподъемность каждого лотка у BellaBot –10 килограмм, а у PuduBot — 13 килограмм. У абсолютно всех роботов PUDU единые программы и индивидуальный созданный алгоритм PUDU SLAM, позволяющие на расстоянии управлять, подбирать подходящие маршруты, отслеживать препятствия. В Китае в университетских кафе чаще можно встретить PuduBot.

В российских аэрокосмических вузах, как технически наиболее оснащенных, уже сейчас возможно внедрить прототип искусственного интеллекта, например, в качестве информационной доски или стенда, расположенных на кафедрах, где можно найти нужную информацию. Такие стенды способны распознавать голос и адаптировать заданный текст на язык «единиц и нулей», искать подходящие варианты из загруженных ранее материалов, сопоставлять их и выдавать точный результат. Исключительность данной системы должна состоять в том, что весь загруженный материал должен быть уникальным и храниться исключиться на сервере университета. Это и есть современный элемент управления образовательной средой вуза.

Ещё одно новшество, которое используется китайскими студентами, было добавлено российскими образовательными учреждениями — вход с помощью технологии Face ID. Чтобы фото появилось в базе, необходимо отправить его на почту вуза с пометкой о направлении фотографии для внесения в базу и прохода в университет по системе Face ID. Ряд российских вузов уже имеет такую систему. Чтобы зайти в здание, необходимо подойти к турникету, посмотреть на экран, если на турникете загорится зелёный свет, то турникет откроется. Это помогает повысить безопасность и облегчает жизнь проживающим в общежитии, так как не нужно беспокоиться насчёт пропуска.

Важно, чтобы университет был заинтересован в создании комфортной среды для студентов. Для этого необходимы спонсоры или заключившие контракт с вузом, предприятия, которые будут готовы поставлять экспериментальные образцы, снабжать аудитории и общие места качественным оборудованием в обмен на заинтересованные в развитии науки и промышленности кадры. Такая ситуация для всех будет выгодна: предприятие получит свежие умы, вуз получит новое оборудование, а студенты — любимую работу.

Список используемых источников:

1. Зубеева Е.В., Бузинова Л.С., Лаврова Л.А. Экономика и управление в машиностроении. Тенденции формирования концепции «Университет 3.0». // Экономика и управление в машиностроении. № 3. С. 58-64
2. Катханова Ю.Ф., Юй Си, Кoryгин А.И. Искусственный интеллект в образовательном пространстве // Преподаватель XXI век. 2022. № 3. Часть 1. С. 215–223. DOI: 10.31862/2073-9613-2022-3-215-223

## **Влияние пандемии на авиаотрасль разных стран мира: сравнительный анализ**

Макаров В.А., Ерин К.А., Свинцов И.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Сивоплясова С.Ю.

МАИ, Москва

В период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 авиаотрасль во всем мире значительно пострадала. Отмена многих рейсов, закрытие границ и ограничения на перемещение граждан привели к снижению спроса на авиаперелеты и сокращению доходов авиакомпаний.

Пандемия COVID-19 является одним из самых значительных факторов, повлиявших на экономику авиаперевозок. В 2020 г. было отменено множество рейсов, что привело к огромным финансовым потерям авиакомпаний.

Однако, в разных странах мира экономические потери авиаотрасли различались. Например, в США и Европе авиакомпании получили значительные государственные субсидии, чтобы поддержать свою деятельность в период пандемии. В других странах, таких как Индия, авиаотрасль сильно пострадала из-за затруднений в экономике страны.

Авиакомпании и подрядчики авиакомпаний получили денежные средства из фонда федеральной помощи Америки на сумму около 32 млрд долларов США. В России авиаперевозчики получили государственные субсидии на выплату зарплаты и поддержание авиапарка. По данным на 3 июня 2020 года, субсидии получили 18 авиакомпаний на сумму 9,454 млрд рублей (137,221 млн долларов). В это же время во Франции на поддержку авиаотрасли было выделено порядка 15 млрд евро. Китай же сфокусировался на данной теме только сейчас и предоставит субсидии авиакомпаниям, совершающим перелеты внутри страны в размере до 24 тысячи юаней (около 227,5 тысячи рублей) на каждый полёт. Во время же пандемии вся поддержка оказывалась только частными компаниями.

Ключевой проблемой, связанной с авиаотраслью в период пандемии, являлось сокращение международных перелетов. Однако внутренний туризм был ограничен существенно меньше. Одна из значимых причин — это документарные формальности — справки о ПЦР-тестировании и вакцинации, актуальные в одних странах, не имели юридической силы в других. Однако таких ограничений не было внутри страны. Так, в 2021 г. около 95% всех авиаказов были оформлены по России. Это объясняется тем, что наряду с локдаунами и ограничениями на перемещение, многие граждане предпочли избежать международных поездок и ограничиться перемещениями внутри страны.

Таким образом, можно предположить, что наибольшее влияние пандемии на авиаотрасль испытали страны, которые в большей степени зависят от международного туризма и бизнес-перелетов. При этом, в странах, где есть сильный внутренний спрос на авиаперевозки, авиаотрасль сможет выйти из кризиса быстрее. Вероятно поэтому Россия и Китай сделали ставку на внутренний туризм. Для этого Ростуризм ежегодно выделяет гранты из государственного бюджета.

Объективно, пандемия повлияла на авиаотрасль каждой страны негативно, однако полностью и однозначно оценить её перспективы на данный момент крайне сложно. Это можно будет сделать после полного восстановления данной сферы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что пандемия COVID-19 оказала значительное влияние на экономику авиаперевозок, привела к снижению спроса на авиабилеты и существенным потерям для авиакомпаний. Однако, с постепенным снятием ограничений и локдаунов, можно ожидать восстановления экономических показателей в авиаотрасли в будущем. Однако, данному рынку придётся адаптироваться к новым геополитическим условиям, которые тоже обещают существенные издержки и изменения на авиарынке в целом.

Список используемых источников:

1. Ведомости URL: <https://www.vedomosti.ru/gorod/othercities/articles/kak-dva-goda-pandemii-izmenili-turizm-i-turistov>

2. BBC News Русская служба URL: <https://www.bbc.com/russian/features-53011557>

## **Пути решения проблем российской авиапромышленности**

Мещеряков Н.Н.

Научный руководитель — доцент, Тихонов Г.В.

МАИ, Москва

Основными причинами, по которым российская авиапромышленность отстает от других, является:

1. Отсутствие новых отечественных самолетов и разработок. С первого взгляда кажется, что в этой проблеме нет ничего ужасного, так как многие страны, имеющие собственную авиапромышленность, покупают самолеты за границей. Но здесь есть очень серьезное но — их доля не является высокой. И именно огромное количество иностранных самолетов, в купе с отсутствием собственных разработок, привело к серьезнейшему кризису в истории российской авиации.

2. Устарелость некоторых заводов или же их отсутствие. Это тоже является проблемой, так как не дает осуществить некоторые планы выпуска самолетов и обеспечить авиакомпаниям в достаточном для них количестве самолетов.

3. Малая доля приватизации. А эта проблема серьезна тем, что не дает многим авиастроительным компаниям не только раскрыть свой потенциал, но и создавать новые современные самолеты.

4. Плоховыстроенный маркетинг. Причиной возможности считать этот пункт серьезной проблемой являются низкие продажи самолетов, абсолютно непродуманные стратегии и видения развития авиарынка, а также устаревшие подходы к продвижению авиатехники.

5. Отсутствие конкуренции. Эта проблема серьезна тем, что отсутствие конкуренции между КБ, строгая специализация каждого ОКБ под определенные задачи, привели не только к полнейшей деградации российской авиапромышленности, но и ее серьезной зависимости от других стран.

6. Недостаточное уделение внимания высокотехнологичным отраслям и сегментам рынка. Это тоже можно назвать проблемой, так как отсутствие производства комплектующих, параллельно с отсутствием производства своих конвертапланов, БПЛА привели к отставанию нашей авиапромышленности от авиапромышленности других стран.

К сожалению, это далеко не полный список ее проблем.

Список используемых источников:

1. Морозова В. Ю. Проблемы воздушного транспорта России // Вестник транспорта. 2009.

2. Калдин А. М., Титов Б. А. Проблемы безопасности на воздушном транспорте Российской Федерации // Логистические системы в глобальной экономике.

3. Дугин Г. С. Проблема снижения вредных выбросов на воздушном транспорте // Вестник транспорта. 2011.

4. Сиднева И. Е. Проблема готовности будущих пилотов гражданской авиации к профессиональной деятельности // Мир науки, культуры, образования.

## **Экономическое и техническое совершенствование производства с использованием имитационного моделирования**

Муминов А.А., Муродов Г.А., Валиев С.Э.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коптев А.Н.

Самарский университет, Самара

Введение. Концепция имитационного моделирования становится все более популярной для решения тактических задач анализа поведения бизнес-процессов промышленного предприятия. Использование техник имитационного моделирования расширяет возможности традиционных CASE-средств и обеспечивает:

- Визуализацию бизнес-процессов, возможности проводить анализ узких мест в динамике;

- Возможности сбора и анализа количественных (временных и стоимостных) показателей эффективности бизнес-процессов;

- Оптимизацию бизнес-процессов с применением развитых генетических алгоритмов.

Имитационная модель позволяет анализировать, устранять узкие места, обусловленные динамическим характером имитационной модели, выявлять существующие проблемы, предлагать решения для повышения производительности, сокращать потери времени и эксплуатационные расходы производственной системы.

В производственных системах главное преимущество имитационного моделирования заключается в том, что оно даёт возможность начальнику или мастеру цеха получить представления о влиянии «локальных» изменений в производстве. Если на каком-нибудь оборудовании в цепочке производства вносятся изменения, то изменение придется внести изменения в работу других оборудования, а заранее определить, как изменение в работе одного оборудования будет высказываться на работу других оборудования будет затруднительно. В данной программе можно анализировать изменений в интегральные характеристики системы. С целью анализа, планирования, нахождения «узких» мест и оптимизации производственной системы создали имитационную модель производственного участка в информационной системе имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation. Такое решение было принято для улучшения материалопотоков и управлением производством.

На первом стадии создании имитационной модели производственной системы является ввод начальных данных функционирования модели.

Определен для каждого изделия состав, и каждой детали сформированы технологические маршруты, входящей в изделие. Далее мы создаем объекты динамической имитационной модели. Поиск оптимального пути с точки зрения производства (маршрут, последовательность запуска) и времени обработки продукта является основной задачей имитационного моделирования. Работа в программе Tecnomatix Plant Simulation началась с создания модели исходного производственного участка. Данный производственный участок состоит из трёх станков: 16K25, MAZAK INTERGREX i100-ST, 3K12.

Исходя из полученных данных в программе Tecnomatix Plant Simulation, можно сказать, что на обработке различных авиационных деталей (гайка упорная шарикоподшипника, пробка и т.д.) в количестве 12000 шт. потребуются 37 дня 20 минут. Однако, станки 16K25 и INTERGREX i100-ST заблокированы, так как обработки детали требует больше времени на последующей операции. Также из полученных данных видно, что все станки после выполнения данной партии находятся часть рабочего времени в ожидании заготовок, то есть 210 дней простоят в не рабочем состоянии. Так как мы моделируем с учётом дорогостоящим станок с ЧПУ, поэтому основная задача — это увеличить выручку для того, чтобы увеличить фондоотдачу. Первоначальная фондоотдача у нас составляет на данном производстве 0,218.

Есть экстенсивные и интенсивные факторы увеличения.

- Экстенсивный, когда мы ещё будем покупать оборудование для производства.

- Интенсивный, когда мы будем использовать резервы времени для того, чтобы на станке изготавливать новую продукцию.

Мы используем интенсивный, когда найдём сколько изделий можно произвести с недогруженного времени станка.

Станок с ЧПУ догрузим сложно профильными деталями, которые нельзя обрабатывать в универсальных станках. По результатам полученной новой статистики:

- Загрузка оборудования 16K25 и 3K12 увеличение на 45%, тем самым обеспечивая равномерную загрузку производственного участка, ритмичность.

Фондоотдача после добавление сложно профильной детали составляет 1,037, а разница между старым и новым значением фондоотдачей составляет 0,819

Таким образом, в результате применения интенсивного фактора в Tecnomatix Plant Simulation увеличили фондоотдачу на 81,9%, увеличилась загрузка оборудования и решена задача с простоем оборудование за счёт оптимизации и последовательности запуска заготовок в производстве.

Список используемых источников:

1. Абрамова И.Г. Основы планирования на предприятиях машиностроения [Текст] / Лекционный материал. Самара: СГАУ, 2009.
2. Абрамова И.Г. Организация производственного процесса во времени и пространстве / Самар ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); [сост. И.Г. Абрамова]. — Электрон. текстовые дан. — Самара, 2011
3. Методы моделирования производственных процессов предприятия машиностроения [Электронный ресурс] статья от 08.08.2011// научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана
4. Имитационное моделирование производственных систем предприятия TestomatixPlantSimulator [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. Е.А. Рамзаева, В.Г. Смелов, В.В. Кокарева- Самара, 2013.

## **Риск-менеджмент, как инструмент повышения эффективности авиастроительных предприятий Российской Федерации**

Романова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Опрышко Н.В.

МАИ, Москва

Риск сопровождает предприятие на всех этапах жизненного цикла производимого продукта.

Авиастроительная отрасль — одна из ключевых в экономике Российской Федерации. Она является энергоемкой, технологичной и обеспечивающей независимость России на международном рынке. Данный экономический раздел охватывает нижеприведенные факторы:

- Уровень развития авиапромышленности влияет на наукоемкие и высокотехнологичные виды экономической деятельности;
- Авиастроение — крупнейший потребитель и разработчик инноваций, следовательно, определяет курс развития технологий в государстве;
- Развитость авиастроительной промышленности отражает уровень безопасности любого независимого государства;
- Авиастроительная отрасль дает мощный толчок для развития экономики.

Учитывая современные реалии, а также сложившуюся в нестабильных условиях конъюнктуру авиационного рынка, недостаточно полная и отлаженная система управления рисками сказывается на эффективности авиастроительных предприятий России. На долю наших инженеров, конструкторов, проектировщиков, управляющих и других специалистов выпала огромная ответственность: создавать передовые образцы летательных аппаратов и обеспечивать потребности государственных структур страны самостоятельно, без участия поставщиков из других стран.

К основным видам рисков относятся:

- Отраслевые риски
  - Страновые и региональные риски;
  - Финансовые риски;
  - Правовые риски;
1. Отраслевые риски зависят от самого производимого продукта. Сюда можно отнести вероятность отказа авиакомпаний от эксплуатации продукта, снятие самолетов различных моделей из эксплуатации в связи с износом или снижением количества ремонтных машин; изменение ценовой политики, а также монополия поставщиков на комплектующие и материалы, и т.д.
  2. Страновые риски подвержены изменению политической ситуации, а также рискам, связанных с территориальным расположением основных производственных мощностей предприятий и вероятностью стихийных бедствий.

3. Финансовые риски. Условия экономики на 2023 год ставят авиационные предприятия под удар рисков, связанных с изменением процентных ставок и курса обмена иностранных валют. Увеличение процентов по кредитам и займам приводит к уменьшению прибыли предприятия и увеличению себестоимости конечной продукции. Все это может привести авиакомпанию к невозможности получения средств для расширения деятельности.

4. Правовые риски. Риски данной категории делятся на 2 группы: внешние и внутренние. К внешним факторам относятся форс-мажорные обстоятельства, злоумышленные действия третьих лиц в форме противоправных посягательств на имущественные и иные защищаемые законом права и интересы компании, изменение или принятие новых нормативных актов и т.п. К внутренним же факторам относятся риск ненадлежащего исполнения заключенной сделки, риск потерь по внутренним злоупотреблениям, риск утраты позиций на рынке и т.п.

Из-за того, что авиационная отрасль является высокотехнологичной и инновационной, метод отказа от рисков в ряде случаев невозможен. Именно это и обосновывает важность такого инструмента управления, как риск-менеджмент.

Риск-менеджмент включает в себя:

1. Планирование управления рисками
2. Идентификацию риска
3. Качественный анализ
4. Количественный анализ
5. Стратегию реагирования на риск
6. Механизм контроля

Задача повышения эффективности сможет быть достигнута лишь при внедрении комплексной технологии управления, затрагивающей все аспекты деятельности предприятия.

В основе концепции риск-менеджмента основополагающим является то, что ни одно бизнес-решение или бизнес-идея не могут быть приняты без осознания степени риска. Необходимо развивать отделы и департаменты управления рисками на авиастроительных предприятиях. При должном их взаимодействии, координации и комплексных усилиях, в рамках реализации авиационных программ, и с помощью применения передового опыта в прогнозировании и управлении рисками, на основе объема получаемых данных, можно внедрять АСУР (автоматизированная система управления рисками) для достижения наилучшего результата и привнесения в практику компании наименее безубыточного опыта производства.

Данное инновационное решение позволит повысить точность моделирования сценариев рискованных ситуаций, минимизируя ошибки, способные принести даже самые минимальные колебания, которые незначительно, но постоянно влияют на динамику производства.

Помимо этого, станет возможно осуществлять качественную и количественную оценку портфеля рисков предприятия и производить своевременный контроль, который позволит отслеживать на каждом этапе производства, а следовательно, и повысить эффективность.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ РЕН 9100
2. ГОСТ Р ИСО 31000
3. Вяткин В.Н. Риск-менеджмент: Учебник.

## **Перспективы развития экосистем в аэрокосмической отрасли**

Тишкина М.А., Бондарева А.В.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Костыгова Л.А.

МАИ, Москва

Цифровые экосистемы и цифровые платформы являются современной формой организации производства, которая преобразуют любую отрасль. Они предоставляют компаниям возможность для революционных изменений с помощью новых бизнес-моделей. Для России развитие цифровых рынков, национальных экосистем и платформ может стать не только толчком для экономического роста, но и основой для сохранения экономического

и технологического суверенитета. Широкое применение цифровых платформ и естественный захват в свой периметр смежных сегментов рынка обусловили их успешную коммерческую деятельность, как на национальном, так и региональном, отраслевом уровнях.

В настоящее время ожидается интенсивное развитие аэрокосмической промышленности. Важную роль в этом процессе играет формирование экосистем. Определение направлений развития аэрокосмических экосистем имеет важное значение для создания оптимальных условий роста отрасли. Выполненное исследование позволило определить основные направления развития и риски, возникающие при функционировании аэрокосмических экосистем.

Например, экосистема Самарского аэрокосмического цифрового кластера позволяет использовать единые информационно-технологические решения для всех предприятий кластера. Решение проблем поддержки процессов разработки, производства и эксплуатации летательных аппаратов на основе платформенного подхода обеспечивает скоростную передачу и обработку информации, быстрое и активное взаимодействие науки и производства, постоянные активные контакты поставщиков, производителей, потребителей, всех стейкхолдеров (заинтересованных сторон).

Следует учитывать, что промышленные продукты имеют значительную корреляцию с аэрокосмической отраслью. Самую высокую корреляцию с аэрокосмическим сектором демонстрирует автомобильный сектор. В связи с этим предлагается обеспечить взаимосвязь аэрокосмических экосистем с высокотехнологичными отраслями промышленности, что должно содействовать их интенсивному развитию.

Значительные возможности экосистем обуславливают возникновение определенных рисков, последние связаны, в первую очередь, с злоупотреблением доминирующим положением экосистем на рынке, необходимостью защиты прав поставщиков и потребителей, рисками в сфере финансовой стабильности. Важным направлением предотвращения потенциальных рисков в экосистемах аэрокосмической отрасли является регулирование процесса создания и функционирования экосистем, а также регулирование уровня монопольной власти на аэрокосмическом рынке.

Список используемых источников:

1. «Концепция общего регулирования деятельности групп компаний, развивающих различные цифровые сервисы на базе одной «экосистемы» // Министерство экономического развития Российской Федерации. — 2021. С.3, 6-9.
2. «Экосистемы: подходы к регулированию» // Банк России. — 2021. С.6, 10-11, 12-13, 20-24.
3. «Финансовый рынок: новые задачи в современных условиях» // Банк России. — 2022. С. 20-21.
4. Байдукова Н.В., Бовкун Н.В. Экосистемная динамика развития бизнеса на воздушном транспорте в цифровую эпоху. Экономика и управление. 2022;28(6):576-583.
5. Тарасов Е.В. Формирование кластеров в Самарской области // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018 Том 8 № 4А. С. 130-139.

## **Ответственное управление в авиационной сфере с учетом международных принципов ESG**

Тришина С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Развитие экономики и общества способствует открытию возможностей, но вместе с тем, и возникновению новых проблем. На сегодняшний день на мировом и государственном уровнях активно обсуждаются экологические (E) и социальные (S) вопросы, а также проблемы управления (G). Международные принципы ESG позволяют обеспечить устойчивое развитие общества.

Ввиду обострения геополитической ситуации в феврале 2022 года возник вопрос актуальности ESG-повестки для российских компаний. Однако за год были найдены пути решения возникших трудностей и данная тематика продолжает свое развитие. На сегодняшний день движущими факторами являются: финансовый и товарные рынки и внутреннее регулирование. В условиях секционной политики западных рынков решением является переориентация российского бизнеса на Восток, который, в свою очередь, с точки зрения ESG еще более требовательный. Что касается внутреннего регулирования, на сегодняшний день следование концепции ESG не закреплено в законодательную систему, однако данная тема обсуждается на государственном уровне, а также действуют национальные проекты в сфере экологии.

Вышесказанное указывает на то, что деятельность компаний не является возможной без интеграции ESG аспектов. В частности, авиационная промышленность направляет усилия в области экологического, социального и корпоративного управления.

Ежегодный углеродный след мировой авиационной отрасли составляет 2% всех мировых выбросов углекислого газа. Схема компенсации и сокращения выбросов углерода для международной авиации (CORSIA) станет обязательной во всем мире в 2027 году. Кроме этого, международная ассоциация воздушного транспорта поставила цель достижения нулевых выбросов в 2050 году. Сокращению неблагоприятного воздействия на окружающую среду способствует применение следующих мер:

- Использование биотоплива (SAF);
- Отказ от двигателей внутреннего сгорания и переход на иные типы самолетов: электрические, водородные, используемые солнечную энергию и иные;
- Улучшение существующих технологий: повышение топливной эффективности за счет изменения геометрии крыла;
- Разработка нанотехнологий для уменьшения размеров и массы бортового авиаоборудования.

Об авиационной отрасли судят по многим социальным факторам, которые включают следующие вопросы:

- Соблюдение обязательств по охране труда и здоровья;
- Обеспечение безопасности авиаперевозок и условий труда;
- Поддержание политики «равенства» по отношению к этническому разнообразию и людям с инклюзией;
- Предоставление возможности развития индивидуального потенциала сотрудников;
- Поощрение и способствование профессионального совершенствования.

Ответственное управление — это соблюдение принципов этики, прозрачности и эффективности организации деятельности компании с целью обеспечения защиты интересов компании и стейкхолдеров (сотрудников, инвесторов, государства и прочих). Следование философии GRC (Governance, Risk and Compliance) позволяет компаниям выполнять стратегические задачи, осуществлять риск-менеджмент и удовлетворять заинтересованные стороны. Ответственное управление основывается на:

- Соблюдении законов;
- Противодействии взяточничеству и коррупции;
- Управлении рисками;
- Реализации принципа «прозрачности»;
- Следовании кодексу и принципам ведения бизнеса;
- Взаимодействии со стейкхолдерами;
- Соблюдении прав акционеров.

Соблюдение международных принципов ESG — это не просто веяние современности, создание имиджа, а необходимость. Выбор стратегии устойчивого развития компании способствует удовлетворению потребностей настоящего времени без ущерба для благополучия будущих поколений, повышению конкурентоспособности, расширению финансовых и товарных рынков, эффективному функционированию на протяжении многих лет.

Список используемых источников:

1. Перечень поручений по итогам встречи с членами Общероссийской общественной организации «Деловая Россия». — URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/68298>. — Дата публикации: 26 апреля 2022.
2. Национальные проекты России : официальный сайт. — 2023. — URL: <https://национальныепроекты.рф/> (дата обращения: 26.02.2023)

## **Стратегия развития авиапромышленности в условиях современной геополитической ситуации**

Чалый И.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Современная геополитическая ситуация характеризуется изоляцией России в международных экономических отношениях. Проведение специальной военной операции (СВО) с февраля 2022 повлекло за собой введение санкций со стороны зарубежных государств против РФ. Введенный пакет санкций привел к усложнению экономических условий производственной деятельности в России, в частности в авиапромышленности и авиаперевозках из-за большого количества разорванных кооперационных связей и взаимодействий.

Многие зарубежные авиакомпании и авиационные предприятия прекратили свое сотрудничество с российскими партнерами, престав поставлять запчасти элементы электронного управления не только и проводить сервисное для обслуживания авиалайнеров гражданской авиации, но и для военной авиации России.

Несмотря на указанные проблемы, правительство РФ считает необходимым продолжить развитие авиационной промышленности. Развитие авиационной промышленности РФ выступает необходимым условием развития гражданской и военной авиации.

Проведенные исследования в области практики решения проблем гражданской и военной авиации, как в России, так и за рубежом, позволили определить основные стратегические направления развития авиапромышленности РФ в условиях СВО.

Генеральная стратегия развития авиапромышленности должна формироваться с учетом специфики двух направлений:

- 1) Производственная стратегия выпуска авиационной техники для гражданской авиации;
- 2) Производственная стратегия выпуска военной авиационной техники.

В условиях санкций, гражданская авиация сталкивается с двумя проблемами:

-сокращение, а в отдельных случаях и полное прекращение закупок зарубежной авиационной техники;

• Запрет полетов в связи с обеспечением безопасности пассажирских перевозов в районах боевой напряженности.

Все это приводит к существенному падению доходов авиакомпаний, к росту стоимости перевозок. Дотационная поддержка правительства(только в 2023 г на эти цели правительство России выделило 25,3 млрд руб.) не способствует в полной мере укреплению экономической безопасности функционирования авиакомпаний на российском рынке авиаперевозок.

Выполненный анализ ценовой эластичности объемов авиаперевозок показал, что в настоящий момент времени, ост выручки авиакомпаний возможен только при снижении цен на авиаперевозки (Коэффициент ценовой эластичности оказался равным: -1,35). Это означает, что стратегия развития авиапромышленности в этом направлении должна базироваться на производстве отечественной экономичной авиационной техники с безусловным сохранением безопасности авиаперевозок.

Производственная стратегия производства военной авиационной техники в современных условиях международной напряженности должна быть формироваться на принципах повышения боевой конкурентоспособности. Целесообразным становится производство

летательных аппаратов, превосходящих по техническому совершенству в боевых условиях авиационной техники потенциальных боевых противников.

Обоснование производственной стратегии производства боевой авиационной техники должно производиться на основе оптимизации объемов производства образцов боевых летательных аппаратов по методике военно-экономической оценки, включающей два этапа: военно-финансовая оценка и оценка боевой конкурентоспособности по факторам технического совершенства и прогнозов специфики ведения боевых действий.

Список используемых источников:

1. Российские авиакомпании в 2022 году снизили перевозки на 14% до 95 млн пассажиров / Инна Сидоркова. — URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/01/13/958979-aviakompanii-2022-snizili> (Дата обращения: 12.01.2023). — Текст: электронный.

2. Что будет с российской авиацией в 2023 году /новости авиации. — URL: <https://aviado.ru/news/chto-budet-s-rossijskoj-aviaciej-v-2023-godu/> (Дата обращения 17.02.2023). — Текст: электронный.

3. Выбор РИА Новости: главные ожидания 2023 года в военной сфере / РИА новости. — URL: [https://vpk.name/news/668108\\_vybor\\_ria\\_novosti\\_glavnye\\_ozhidaniya\\_2023\\_goda\\_v\\_voennoi\\_sfere.html](https://vpk.name/news/668108_vybor_ria_novosti_glavnye_ozhidaniya_2023_goda_v_voennoi_sfere.html) (Дата обращения: 20.02.2023). — Текст: электронный.

## **Совершенствование системы оперативно-календарного планирования в машиностроении**

Черницын А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Современная индустрия обеспечивает конкурентоспособность передовых экономик мира. Эта отрасль постоянно развивается под влиянием цифровизации, использования передовых материалов, технологий производства и управления. Несомненную значимость в деле развития промышленности имеет необходимость совершенствования системы оперативного управления производством предприятий машиностроения и, в первую очередь, наукоёмкого, в том числе авиастроения.

Анализ действующей системы оперативного управления производством, проведенный на одном из таких предприятий, показал недостатки как системы оперативно-производственного планирования, так и системы диспетчирования. В работе акцент сделан на рассмотрении оперативно — календарного планирования (ОКП) — центральной подсистемы оперативного управления производством.

На исследованном предприятии действует централизованная система оперативного планирования, весь объем планирования на всех трех уровнях: предприятие, цех и участок осуществляется заводоуправлением в программе BAAN и 1С, а также в Excel. При рассмотрении существующей практики формирования оперативно-календарных планов цехам основного производства был выявлен следующий ряд проблем, с которыми сталкивается предприятие в ходе осуществления своей деятельности в части планирования производства:

- Большой бумажный документооборот, с которым приходится работать службам для составления сменного задания и для контроля производственного процесса;
- Нехватка молодых кадров;
- Большие временные затраты на анализ информации, приходящей из цехов основного производства, несвоевременность подачи информации о реальном ходе производства и соответствующих изменениях;
- Календарно-плановые нормативы для цехов, участков разрабатываются Управлением информационных технологий в программе BAAN и 1С, однако нет расчетов нормативных размеров партии деталей и сборочных единиц.

В работе предлагается ряд мероприятий, направленных на устранение отмеченных недостатков:

1. Внедрение автоматизированных рабочих мест (АРМ) следующих специалистов: ведущих инженеров отдела ОКП, диспетчеров в ЦДБ цехов основного производства и мастеров участков. Это поможет сократить большой объем бумажного документооборота, с которым приходится работать службам предприятия при составлении оперативно-календарного плана, контроля его выполнения, предотвратить несвоевременность подачи данных об изменениях в цехах предприятия.

2. Возрождение системы наставничества, что поможет решить проблему нехватки молодых кадров на предприятии, в основном обусловленную тем, что руководство сосредотачивает свое внимание на решении текущих технических и финансовых проблем, а данной проблеме уделяется гораздо меньше внимания.

3. Создание службы, подчиненной Производственно — Плановому Управлению Предприятия, ответственной за оперативную подготовку производства и систему оперативно — календарного нормирования.

4. Внедрение новой формы отчетности выполнения плана цехами основного производства, которая будет решать проблему больших временных затрат на сбор, систематизацию и анализ информации, приходящей из цехов основного производства.

Список используемых источников:

1. Азнабаева Г. Х. Основные направления совершенствования управления производством // научная статья [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-sovershenstvovaniya-upravleniya-proizvodstvom>. Режим доступа: свободный (дата обращения: 25.10.2022).

2. Календарно-плановые расчеты производства [Электронный ресурс]. URL: [https://mobile.studbooks.net/1362734/medzhment/kalendarno\\_planovye\\_raschety\\_proizvodstva](https://mobile.studbooks.net/1362734/medzhment/kalendarno_planovye_raschety_proizvodstva). Режим доступа: свободный (дата обращения: 11.02.2023).

3. Оперативно-календарное планирование. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zspps.ru/index-php/mes-tesaurus/205-production-scheduling.html>. Режим доступа: свободный (дата обращения: 15.02.2022).

4. Обзор ERP системы: BAAN [Электронный ресурс]. URL: <http://iteranet.ru/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 29.04.2022).

5. Сайт АО «ММП имени В.В. Чернышева» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.avia500.ru/> (дата обращения: 10.02.2023).

## **Проблемы и тенденции рынка авиализинга в России**

Шакин А.Д.

Научный руководитель — Мезина Н.А.

МАИ, Москва

По данным информационных агентств на 2021 год в России эксплуатируется 980 пассажирских лайнеров, из них в лизинге находится 777 лайнеров, 515 из которых арендованы у иностранных лессоров.

С начала СВО, недружественные страны практически каждый день вводят санкции против России. Эти санкции затронули и гражданскую авиацию. Для полётов была закрыта почти половина мира. Зарубежные лизингодатели начали отзывать воздушные суда, производители западных авиалайнеров стали останавливать обслуживание на территории страны.

В случае возврата воздушных судов лизингодателям, у России останется около 250 машин, что значительно снизит интенсивность авиаперевозок и причинит ущерб экономике и транспортной связанности страны, чего допустить конечно же нельзя. Именно поэтому, своевременно принятые меры, а именно возвращение самолетов только по решению правительственной комиссии по импортозамещению, позволили не допустить подобной ситуации в краткосрочном периоде. Лизинговые самолёты теперь используются для перевозки внутри страны.

Самолёты со временем изнашиваются и требуют ремонта, на данный момент поставка запчастей невозможна и поэтому для ремонта используются другие такие же суда, один

самолёт разбирают на детали и за счёт этого чинят другие, это также даёт время для осуществления более долгосрочных планов, а именно — производство собственных самолётов.

В настоящий момент практически половина отечественного парка составляют самолёты SSJ-100. Также есть такие самолёты как МС-21, но значительная часть их производства находится зарубежом. Самолёты Ту-204/214 и Ил-96 не используются на массовом рынке, но их производство, по оценкам специалистов, все еще возможно развернуть. Из относительно вместительных воздушных судов используются среднемагистральные Як-42 рассчитанные на 100-120 пассажиров.

В ближайшее время следует наблюдать значительный рост отечественного парка авиационных судов, основные производственные планы связаны с МС-21, Ил-114-300, «Байкал». По словам В.В. Путина: «Летать мы будем... Сейчас будем наращивать, конечно, внутренние перевозки. Там, где будем летать за границу, там будем летать. Будем стремиться к тому, чтобы ситуацию поменять. Мы будем развивать собственную авиацию, собственные воздушные суда будем строить, такие как МС-21, Ил-114-300, «Байкал».

Россия — это страна возможностей, страна, которая первой запустила спутник, и первой запустила космический корабль. Наши военные самолёты — лучшие в мире. И именно поэтому Россия может и должна летать на отечественных самолётах.

Список используемых источников:

1. <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/58985.html>
2. <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/58914.html>
3. <https://www.forbes.ru/biznes/457955-cto-budet-s-rossijskoj-aviaotrasl-u-iz-za-sankcij>
4. <https://www.rbc.ru/business/28/02/2022/621cdab59a79478313ee2b3b>
5. <https://www.interfax.ru/russia/827321>
6. <https://news.ru/society/budem-narashivat-vnutrennie-perevozki-putin-o-situacii-s-aviaciej/>

## **Программа Р4, как инновационное решение проблемы кадрового состава предприятия ОКБ Сухого**

Яблокова В.В.

Научный руководитель — к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

В 1990-е годы в Российской авиационной отрасли остро встал вопрос квалификации кадрового состава. Для решения данного вопроса на ОКБ Сухого была разработана и внедрена специальная система подготовки молодых специалистов. Благодаря этому, сегодня у предприятия практически нет недостатка в квалифицированных кадрах. Являясь составной частью ОАК и госкорпорации Ростех, ОКБ Сухой делится своим опытом со многими ведущими предприятиями отрасли.

Но на этом работа ОКБ Сухого с кадровым резервом не останавливается, понимая всю важность проектируемой и производимой продукции, предприятие разрабатывает и внедряет новые практики, позволяющие сохранять кадровый потенциал предприятия на высочайшем уровне. И этот путь своих будущих сотрудников предприятие планирует еще со школьной скамьи.

С 2005 года ежегодно ОКБ Сухого совместно с Московским авиационным институтом проводит олимпиаду по авиации среди школьников 10–11 классов, учащихся техникумов и колледжей. Результатом олимпиады является формирование групп целевой подготовки из числа победителей, призеров и финалистов. Таким образом, отбираются талантливые и увлеченные авиацией ребята, которые через несколько лет вырастают в молодых специалистов-инженеров, полностью соответствующих требованиям ОКБ Сухого и готовых практически сразу после завершения обучения приступить к полноценной работе.

С 2013 года в ОКБ Сухого успешно функционирует программа студенческого технического резерва Р4 (Р4 чисто технический резерв). Группа формируется из двенадцати участников из целевой группы, которая обучается на втором курсе. Отбирают ребят с

наиболее высоким уровнем продуктивности мышления, активной жизненной позицией и заинтересованностью в долгосрочной работе в ОКБ. Такая программа нацелена на развитие корпоративных и технических компетенций у студентов, на развитие имеющихся и получение новых знаний и навыков, необходимых для обеспечения технического и кадрового резерва.

Тем не менее, хочется обратить внимание на то, что все новое, это хорошо забытое старое. И это подтверждают слова президент РФ Владимира Путин в послании Федеральному собранию. Он заявил о запуске реформы высшего образования и отмене Болонской системы, о возвращении к традиционной для нашей страны базовой подготовке специалистов с высшим образованием. О целесообразности распределения и целевой подготовки. Кроме того, из речи президента РФ о развитии отдельных областей промышленности и науки следует, что курс на приоритет инженерии сохраняется., а особенно перспективными выглядят области обучения для структур ВПК.

Список используемых источников:

1. [https://www.aviationunion.ru/upload/iblock/baf/yc7k1obe5hupg0sokv3d5rvd9tk1qwfg/Ko nkursnaya-rabota\\_Kompaniya\\_Sukhoy\\_.pdf](https://www.aviationunion.ru/upload/iblock/baf/yc7k1obe5hupg0sokv3d5rvd9tk1qwfg/Ko nkursnaya-rabota_Kompaniya_Sukhoy_.pdf)

### **Анализ условий труда летной команды, потенциально влияющих на безопасность полета**

Лещева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Мессинева Е.М.

МАИ, Москва

Обеспечение безопасности полетов является одним из главных приоритетов развития авиационной отрасли. Безопасность полетов определяется количеством авиационных происшествий, которые происходят за определенный период времени, как правило за год. Авиационное происшествие обычно определяется как происшествие, в результате которого погибает или пропадает без вести по крайней мере один (или больше) пассажир или член экипажа. Причинами подобных происшествий могут быть:

- Неблагоприятные погодные условия,
- Техническая неисправность
- Ошибки пилотирования
- Условия труда летной команды.

Роль условий труда в качестве возможной причины возникновения авиакатастроф обычно недооценивается, поэтому задачей данной работы является анализ возможного влияния условий труда членов летных команд на безопасность полетов, а также разработка рекомендаций по уменьшению авиационных происшествий по причине ошибок пилотирования.

Из результатов анализа [1] следует, что основными причинами авиационных происшествий на частных бортах являются ошибки пилотирования. Такие ошибки пилотирования часто связаны с усталостью пилотов, которая может быть связана с повышенной напряженностью и неблагоприятными условиями труда.

В литературе очень ограничены сведения об оценке условий труда членов экипажей. Исключение составляют исследования шума, воздействующего на данную категорию работников и являющегося основной причиной развития профессиональной заболеваемости.

На профессиональную деятельность летного состава влияет комплекс вредных производственных факторов, включающих шум, вибрацию, микроклимат, ионизирующее, неионизирующее и природное (космическое) излучение, СВЧ-излучение от авиационной техники и оборудования. Совместное воздействие вышеперечисленных производственных факторов может привести к развитию профессиональных заболеваний, а неудовлетворительное состояние здоровья пилотов, в свою очередь, может приводить к снижению уровня безопасности полетов.

Из результата анализа [2] следует, что чаще всего авиакатастрофы происходят по причине распространения профессиональных заболеваний и повышенного уровня утомления, связанных с неблагоприятными условиями труда.

Для того, чтобы уменьшить количество авиационных происшествий можно предложить следующие рекомендации по обеспечению должных условий труда режима работы летных команд [3]:

1. Авиакомпании должны следить за сроками эксплуатации устаревших воздушных судов (27,6 % воздушных судов имеют срок службы более 30 лет, современные летательные аппараты являются источниками высокоинтенсивных шумов, достигающих в кабинах транспортных самолетов 95—100 ДБ, вертолетов – 112—118 ДБ, что не соответствует международным стандартам уровней шума двигателей)

2. Не допускать превышения летных часов за месяц

3. Более тщательно на начальном этапе относиться к подбору летного состава, а именно обратить внимание на функционирование слуховой системы человека, даже во времена нехватки персонала.

4. Обеспечение медицинского обследования на постоянной основе

5. Разработка механизма по уменьшению шума в воздушном судне

Анализ данных по авиационным происшествиям показал, что профессиональная заболеваемость непосредственно влияет на ошибки пилотирования.

Предложенные в данной работе рекомендации, возможно, позволят со временем уменьшить число происшествий, а также количество жертв.

Список используемых источников:

1. Лещева А.С. Анализ авиационных происшествий в Российской Федерации за 2021 год по данным межгосударственного авиационного комитета // Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII Гагаринские чтения. 2022. М.: Издательство «Перо». С.582-583.

2. А.И. Верещагин, В.А. Пилишенко, Д.П. Куркин, С.А. Виноградов Условия труда и профессиональная заболеваемость летного состава гражданской авиации. // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 3 (Март). С. 11-13.

3. Панков В.А., Кулешова М.В., Шаяхметов С.Ф., Лахман О.Л., Бочкин Г.В. Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья летного состава гражданской авиации. // Медицина труда и промышленная экология, № 10, 2017С. 29-34

## Секция №9.2 Управление качеством

---

### Управление качеством процесса планирования

Белоцерковский И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Качество должно обеспечиваться не за счет массового контроля каждого выпущенного изделия или предоставленной услуги, но и за счет обеспечения качества на каждом этапе подготовки производства и непосредственного выпуска продукции. От настройки процессов как основных, так и вспомогательных, напрямую зависит качество продукции. Нельзя сказать: «Мы будем контролировать каждое изготовленное изделие, и тогда к потребителю не попадет брак, а значит и вся продукция у нас качественная». А какой процент брака? Это все издержки производства?.. Если окунуться в историю качества, то можно увидеть, что такая модель поведения высшего руководства характерна для конца XIX начала XX веков. С течением времени к концу 1990-х годов специалисты в области качества пришли к методологии всеобщего управления качеством TQM (Total Quality Management). Главной идеей TQM является акцент не только на качество продукции, но и на качество организации самой работы. Чтобы достичь этого, необходимо постоянное улучшение трех аспектов: качество продукции, качество организации процессов, уровень квалификации персонала. Каждый аспект необходимо планировать — это является самым первым шагом. Без плана действий нельзя гарантировать результат. Например, полет воздушного судна разрешается только после предоставления плана полета органу единой системы организации воздушного движения. Также, чтобы гарантировать результат, необходимо спланировать, что мы хотим сделать, какого качества продукт, какие потребуются ресурсы, кто ответственный за каждую стадию выполнения, каким образом будет оцениваться результат, в какие сроки. Качество организации процессов обеспечивается за счет четкого определения процессов, их входов и выходов, необходимых ресурсов, управляющего воздействия, критериев результативности, рисков и возможностей. Необходимо определить требуемую квалификацию сотрудников, спланировать мероприятия по её повышению, а также спланировать потребность в привлечении нового персонала.

Процесс планирования в организациях может отличаться и включать множество действий. К примеру, в МАИ планирование включает в себя: действия по реагированию на риски и возможности, цели в области качества и планирование их достижения, планирование изменений. Организации необходимо разработать план качества и поддерживать его, как документированную информацию, так как он позволит выполнить многие требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Для правильного подхода к составлению грамотного плана качества необходимо воспользоваться стандартом ГОСТ Р ИСО 10005-2019 «Менеджмент организации. Руководящие указания по планированию качества». Выполнив его требования можно смело говорить о том, что организация правильно планирует свою деятельность и движется в направлении успеха, так как планирование является его залогом.

Список используемых источников:

1. «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023).
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». М.: Стандартинформ, 2015.
3. ГОСТ Р ИСО 10005-2019 «Менеджмент организации. Руководящие указания по планированию качества» М.: Стандартанформ, 2020.

## Управление качеством процесса реализации дополнительной функции программного продукта

Коноплева П.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

В век информационных технологий каждый человек пользуется мобильным устройством и не может представить свою жизнь без него. Телефон является помощником номер 1 в жизни каждого. Сегодня можно совершать покупки в магазинах, не выходя на улицу, открывать кредиты удаленно, даже покупать квартиры с помощью онлайн-сервисов. За каждым программным продуктом стоит большая команда разработчиков, координаторов, аналитиков, тестировщиков, архитекторов.

Одним из главных принципов системы менеджмента качества является ориентация на потребителя. На этом принципе основаны все разработки программных продуктов. Команды разработчиков предугадывают будущие желания клиентов и в разы упрощают пользование онлайн-сервисами. Они добавляют в готовый программный продукт дополнительную функцию, которая не нарушает функциональность программы, а привносит какое-то дополнение в ее работу и улучшает готовый продукт.

Рассмотрим данный процесс с помощью IDEF0. На входе процесса реализации дополнительной функции — идея продукта, планы по внедрению и документация. Идея продукта необходима для следующего этапа и создания полного списка требований к продукту. Чем качественнее он подготовлен, тем эффективнее будет работа команды. Управляющее воздействие включает в себя руководителя, ответственного за реализацию дополнительной функции и владельца продукта. Ресурсами является персонал, инфраструктура, программное обеспечение и испытания продукта. На выходе процесса: готовая дополнительная функция, распоряжение о внедрении, распоряжение о вводе в эксплуатацию. Для оценки функционирования процесса необходимо разработать его критерии результативности. Для данного процесса ими будут:

- Выполнение бюджета — 102%;
- Сроки проекта — 100%;
- Выполнение плана реализации дополнительной функции — 100%.

В системе менеджмента качества обязательным требованием является определение рисков и возможностей процесса. Проанализировав процесс, было выделено 2 риска и 1 возможность и уровень их возникновения:

- 1.1. Риск невыполнение реализации дополнительной функции из-за долгого исполнения;
- 1.2. Риск некачественной дополнительной функции;
- 1.3. Возможность улучшить качество, оказываемых услуг потребителю.

При анализе рисков и возможности был составлен план обработки риска и возможности. Необходимо ввести еженедельные встречи с обсуждением этапа разработки функции и согласования необходимых действий с командой.

После каждого этапа тестировать получившуюся алгоритм, чтобы избежать некачественную функцию. Необходимые ресурсы: онлайн платформа для встреч. План действий приведет к желаемому результату, так как команда будет знать кто на каком этапе находится и будут координировать друг друга, чтобы выполнить работу точно в срок.

Таким образом, проанализирован процесс реализации дополнительной функции программного продукта. Выявлены основные риски и возможность, которые помогут обеспечить соответствие продукции и услуг и способность повысить удовлетворенность потребителей.

Список используемых источников:

1. Стадии рождения новой функциональности в программном продукте URL: <https://habr.com/ru/company/acronis/blog/250145/> (Дата обращения: 22.02.2023) — Текст: электронный.

2. Жизненный цикл продуктов в IT — какие фазы в него входят и почему (Дата обращения: 22.02.2023) — Текст: электронный.

3. Теория организации Организация производства: Интегрированное учебное пособие/ А.П. Агарков, Р.С. Голов, А.М. Голиков и др.; под общ. ред. проф. А.П. Агаркова. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. — 272 с.

4. Белоглазова Г.Н., Кроливецкая Л.П. Банковское дело организация деятельности коммерческого банка. Учебник для вузов. — М.:Издательство Юрайт, 2011 г. — 422 с.

5. Процесс разработки продукта: 6 этапов URL: <https://asana.com/ru/resources/product-development-process> (Дата обращения: 24.02.2023) — Текст: электронный.

## **Управление изменениями в современной организации**

Корнюшина А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Одинокоев С.А.

МАИ, Москва

В условиях высокой динамичности внешней и внутренней сред современная организация сталкивается с необходимостью внедрения процессов, связанных с адаптацией и изменениями. Примерами изменений могут служить следующие: изменения корпоративной культуры, структурные изменения, изменения в технологии, внедрение новых систем. Изменения подразделяются на простые, с которыми организация сталкивается на постоянной основе и знает, как ими управлять, и на сложные, требующие реализации нового масштабного проекта.

Для гармонизации деятельности организации вследствие происходящих перемен необходим налаженный процесс управления изменениями, который представляет собой набор инструментов, komponующийся с учетом возникших условий и в зависимости от амплитуды изменения, степени сложности и темпа организации.

Реакция организации в отношении изменений зависит от следующих компонент: восприимчивость организации к изменениям, используемые инструменты, психология и работа с людьми. Процесс управления изменениями тесно связан с управлением организацией, с управлением подразделениями, с управлением людьми и с лидерством.

В управлении изменениями необходимо понимать проблематику самой организации, поскольку важен не только механизм, но и контекст организации, который включает в себя культурные особенности, время адаптации, восприимчивость к изменениям, продуктивность совместной работы, уровень процессов и качество управления.

Важной составляющей процесса управления изменениями являются ключевые показатели эффективности. Сначала показатели необходимо определить, после чего довести до сотрудников, обязательно получить обратную связь и оценить промежуточные и итоговые показатели изменений. Показатели, применимые к управлению изменениями, должны быть понятны, измеримы, согласованы между собой.

Для управления изменениями целесообразно использовать различные модели управления изменениями.

### **1. Модель ADKAR**

Эта модель необходима для определения эффективности изменений, представляет собой пошаговое руководство, состоящее из пяти этапов. При ее использовании в первую очередь необходимо разобраться, зачем и для чего требуется внедрение изменения, после чего привлечь сотрудников к изменениям, далее следует обучить сотрудников в соответствии с нововведениями, затем необходимо оценить возможности работы коллектива в новом режиме, а для закрепления нововведения необходима материальная или нематериальная мотивация.

### **2. Модель перехода Уильяма Бриджа**

При помощи этой модели происходит видоизменение системы. В основе модели лежит не изменение уже существующего алгоритма работы, а создание нового.

### **3. Модель изменений Джона Коттера**

Суть этой модели заключается в формировании позитивного настроения к преобразованиям у сотрудников организации. Состоит модель из этапов, благодаря которым постепенно

устанавливается благоприятная среда для изменений, создается возможность для участия каждому сотруднику и непосредственно внедряется само изменение.

#### 4. Модель Курта Левина

Смысл этой модели заключается в вовлечении персонала в процесс изменений в три этапа. На первом этапе совершаются действия по ослаблению сопротивления со стороны сотрудников, вторым этапом осуществляются изменения, третьим этапом следует вознаграждение сотрудников за результат.

Для управления изменениями организация должна выбрать одну или несколько моделей, внедрить их и поддерживать на надлежащем уровне.

Таким образом, изменения в организации играют важную роль, поэтому необходимо нормализовать процесс управления изменениями, ведь любые изменения требуют налаженного механизма реагирования на них. При грамотном выстраивании подхода к процессу управления изменениями можно избежать негативного воздействия изменений на организацию и даже улучшить деятельность организации.

Список используемых источников:

1. Управление изменениями без потрясений и конфликтов / Ицхак Адизес; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2023. — (Серия «Методология Адизеса»).
2. Управление изменениями: Учебное пособие / Т.А. Галынчик. — Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2016.
3. Управление изменениями: учебно-методическое пособие / Д.Ю. Брюханов, Е.Б. Воробьев; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. — Ярославль: ЯрГУ, 2018.
4. Управление изменениями / Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2016. — (Серия «Harvard Business Review: 10 лучших статей»).

## **Разработка цифровой модели внутренней системы оценки качества образования**

Кузнецова М.С.

Научный руководитель — к.т.н. Хунузиди Е.И.

НИТУ МИСиС, Москва

Применение цифровых технологий охватывает все больше направлений человеческой деятельности, растущие потребности в цифровизации инициируют трансформацию процессов и в сфере высшего образования. Цифровая трансформация в ВУЗах затрагивает сразу несколько аспектов: во-первых, требует использовать современные цифровые методы и средства в образовательном процессе, во-вторых, побуждает ВУЗы разрабатывать новые механизмы организации процессов управления и обучения, в-третьих, порождает новые требования к квалификации выпускников — будущих сотрудников. В 2018 году в Российской Федерации был разработан и утвержден национальный проект «Образование», одной из целей которого является обеспечение глобальной конкурентоспособности российского образования. Такие цели порождают особые требования к качеству образования в ВУЗах.

В связи с этим, актуальным вопросом становится разработка эффективных методов и моделей оценки качества образовательной деятельности. Система оценки качества образования состоит из множества элементов, основными из которых являются: показатели, непрерывный мониторинг, анализ и принятие управленческих решений.

Цель данного исследования — разработка цифровой модели внутренней системы оценки качества образования посредством применения принципов процессного управления. Объектом исследования является высшее учебное заведение, предметом исследования — система оценки качества образования. Под цифровой моделью понимается модель, построенная с использованием цифровых технологий. В качестве инструмента для разработки модели использован программный продукт Business Studio.

Качество образовательного процесса определяется соответствием образовательных услуг (как результата образовательной деятельности) требованиям заинтересованных лиц

(стейкхолдеров). В результате проведенного исследования установлен перечень заинтересованных лиц и их требования к результатам образовательной деятельности. Для распределения целей были определены границы предметной области, включающие 5 групп бизнес-процессов образовательной организации: основные процессы, непосредственно связанные с оказанием образовательных услуг (реализация основных профессиональных образовательных программ), вспомогательные процессы, способствующие реализации образовательной деятельности (планирование учебного процесса, взаимодействие с абитуриентами), обслуживающие процессы, обеспечивающие работу всей образовательной организации (кадры, финансы, инфраструктура), процессы управления и развития.

На основании выделенных требований заинтересованных лиц были определены стратегические цели университета в области качества и ключевые показатели эффективности образовательного процесса (KPI), позволяющие оценить их достижимость. Для представления результатов исследования была разработана сбалансированная система показателей (Balanced ScoreCard, BSC). Проведено сопоставление разработанных целей с аккредитационными показателями, установленными приказом Минобрнауки России №1094 от 25.11.2021. Выделенные цели разделены на 4 основные перспективы: Финансы, Клиенты, Внутренние бизнес-процессы, Обучение и развитие. Например, цель «Повышение практико-ориентированности преподаваемых дисциплин» относится к перспективе Обучение и развитие. Оценка достижимости поставленной цели может производиться с помощью показателя «Доля работников из сторонних организаций, деятельность которых связана с профилем реализуемой ОПОП». Следует отметить, что в стратегических целях важным направлением выделена цифровая трансформация образовательной организации, так как в текущих условиях уровень качества и уровень цифровой трансформации являются неразделяемыми направлениями развития

Предложенная модель позволит не только эффективно оценивать показатели качества образования, но и послужит базисом для дальнейшей разработки внутренней системы оценки качества образования с применением методов автоматизации. Цифровые сервисы и предложенная модель позволят оперативно адаптировать изменения внутренней и внешней среды к системе управления организацией.

Список используемых источников:

1. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.11.2021 № 1094 «Об утверждении аккредитационных показателей по образовательным программам высшего образования» / [Электронный ресурс] — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111290001?index=0&rangeSize=1>

2. Голованова Ю. В. Критерии оценки качества высшего образования: основные аспекты и направления // Бизнес. Образование. Право. — 2019. — №. 2. — С. 455-460.

3. Путилов А. В., Козлова А. А. Система сбалансированных показателей как инструмент формирования блока бизнес-образования в ведущем университете // Инженерное образование. — 2017. — №. 22. — С. 36-46.

## **Повышение качества аэродромов малой авиации**

Лазарев А.С., Заикина К.Н., Туряк В.В.

Научный руководитель — Прокопенко Д.А.

МАИ, Москва

Введение:

Аэродромы малой авиации являются важной составляющей развития общественной и частной авиации. Они обслуживают небольшие самолеты и вертолеты, осуществляющие различные виды деятельности, такие как перевозка пассажиров, обучение пилотов, доставка грузов и выполнение медицинских рейсов. В России есть более 2000 аэродромов малой авиации, но многие из них нуждаются в улучшении и совершенствовании. В данной статье мы рассмотрим несколько мер, которые могут помочь в повышении качества аэродромов малой авиации в России.

Ситуация в России:

На текущий момент в России функционирует более 2000 аэродромов малой авиации. Однако, многие из них находятся в плохом состоянии и не соответствуют современным стандартам. Некоторые аэродромы не имеют современных навигационных систем, которые необходимы для безопасной посадки и взлета. Некоторые аэродромы не имеют надлежащей освещенности, что может стать причиной авиационных происшествий. Также некоторые аэродромы не обладают достаточной инфраструктурой для обслуживания пассажиров и пилотов.

Для улучшения качества аэродромов малой авиации в России, необходимо рассмотреть несколько мероприятий.

1. Разработка программы модернизации аэродромов малой авиации

Для начала следует разработать программу модернизации аэродромов малой авиации, которая будет определять приоритеты и меры по модернизации аэродромов в разных регионах России. Такая программа должна учитывать не только современные технические возможности, но и экономическую целесообразность, уровень загруженности аэродромов и их социальную значимость.

2. Обновление технического оборудования

Для обеспечения безопасной эксплуатации аэродромов малой авиации необходимо обновление технического оборудования, включая навигационные системы, световую и метеорологическую аппаратуру. Новое оборудование должно соответствовать международным стандартам и требованиям Международной организации гражданской авиации (ИКАО).

3. Для повышения качества аэродромов малой авиации необходимо улучшение и расширение инфраструктуры. Необходимо обеспечить аэродромы надлежащей освещенностью, строительством дополнительных зданий и сооружений, увеличить парковочные площадки для самолетов и вертолетов, а также обеспечить надлежащую дорожную развязку.

4. Обучение персонала.

Обучение персонала аэродромов малой авиации должно соответствовать международным стандартам и требованиям ИКАО. Это позволит сократить число аварийных ситуаций на аэродромах малой авиации и повысить качество обслуживания пассажиров.

5. Разработка мер по привлечению инвестиций

Для реализации программы модернизации аэродромов малой авиации необходимо привлечение инвестиций. Для этого нужно разработать меры по стимулированию инвесторов, такие как льготы по налогам, кредитование, субсидии и другие формы поддержки. Также необходимо активно привлекать частные инвесторы и компании, которые могут заинтересоваться в развитии аэродромов малой авиации.

6. Развитие технологий беспилотных летательных аппаратов.

В настоящее время развитие технологий беспилотных летательных аппаратов является одним из главных направлений в авиации. Для повышения качества аэродромов малой авиации необходимо уделить внимание этому направлению.

7. Установление четких правил и нормативов.

Установление четких правил и нормативов: определение стандартов безопасности, нормативов качества и сроков ремонта, а также надлежащего контроля и надзора со стороны соответствующих ведомств и органов государственной власти.

В заключение, можно сказать, что повышение качества аэродромов малой авиации в России является важным шагом для развития гражданской авиации в стране. Необходимо принять комплекс мер по модернизации аэродромов, обновлению технического оборудования, улучшению инфраструктуры и обучению персонала. Кроме того, необходимо установить четкие правила и нормативы и разработать меры по привлечению инвестиций. Реализация указанных мер позволит определить проблемные точки и разработать план действий для их устранения, повысить безопасность аэродромов при эксплуатации и расширить функциональный потенциал, развивая регионы настраивая взаимодействие

аэродромов с другими поставщиками услуг, также путем написания НПА и повышения квалификации персонала удастся добиться улучшения качества обслуживания и уменьшения количества аварийных ситуаций, выйти на новый технологический уровень за счёт развития сферы БПЛА и ДПЛА.

Список используемых источников:

1. Андреев А.В. Актуальные вопросы формирования конкурентоспособных хабов на базе российских предприятий отрасли воздушного транспорта // Вестник ГУУ 2011. № 23.
2. Громов Н.Н. Проблемы в развитии воздушного транспорта России // Бюллетень транспортной информации. 2007. № 7.
3. Корень А.В. Стратегический подход к федеральной аэропортовой сети // Авиатранспортное обозрение. 2007. № 81.
4. Концепция управления федеральным имуществом аэропортов (аэродромов) гражданской авиации РФ // Приложение N 1 к Приказу Минтранса России от 10 января 2007г. N 5.
5. Левитин И.Е. Современное состояние и перспективы развития Московского авиационного узла // Доклад. Министерство транспорта Российской Федерации, 28 марта 2011 г.
6. «Транспортная стратегия РФ до 2030 года», Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р

### **Взаимодействие систем менеджмента качества и систем менеджмента бережливого производства предприятий машиностроительного комплекса**

Матюхова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Одинокоев С.А.

МАИ, Москва

Организация деятельности современного промышленного предприятия, а тем более предприятия машиностроительного комплекса, не представляется возможной без системы управления качеством. Регулирование и управление бизнес-процессами предприятия осуществляется посредством большого количества систем менеджмента. В частности, системы менеджмента качества (далее — СМК), а также активно развивающейся системы менеджмента бережливого производства (далее — СМБП). Большинство предприятий, обладающие сертификатом СМК, интенсивно внедряют методы и инструменты бережливого производства, однако, не рассматривают его как систему менеджмента.

Цель данного тезиса заключается в исследовании взаимопроникновения СМК по ГОСТ Р ИСО 9001–2015 и системы менеджмента бережливого производства по ГОСТ Р 56404–2021, в соответствующих рамках системы управления.

Чтобы ориентироваться в данной проблеме, необходимо разобраться что собой представляют СМК и СМБП. Внедрение СМК ориентировано на определение и обеспечение установленных характеристик качества продукции/услуг, а также на постоянное снижение уровня рекламаций и рисков их зарождения. Внедрение СМБП ориентировано на оптимизацию и повышение результативности процессов, создающих поток формирования ценности.

При анализе СМК и СМБП можно заметить, что имеется ряд процессов, присущие каждой из систем:

- Принципы СМК полностью согласуются с философией СМБП;
- СМК и СМБП построены на основе процессного подхода и предлагают совершенствование процессов как обязательное условие;
- СМК и СМБП подразумевают разработку политик, установленных целей и ценностей на производстве;
- СМК и СМБП включают в себя процессы действий в отношении рисков и возможностей, планирование и управление ЖЦП, оценки результатов деятельности и улучшений

Однако несмотря на свою схожесть системы все же имеют значительные отличия:

- СМК и СМБП имеют отличия в процессе встраивания качества в производственный процесс. Например, по концепции качества ISO 9000 «Брак должен быть меньше запланированного», в то время как философия качества Дзидока утверждает: «брак — это проблема, а проблемы не планируют»

- В случае со стандартами ISO процессы ЖЦП находятся под прессом СМК, а подход СМБП является философией, по принципам которой должно жить предприятие.

- СМБП отличается от стандартов ИСО на системы менеджмента тем, что она охватывает не локальные области, а все предприятие в комплексе.

Основные проблемы интеграции и взаимодействия двух систем (СМК и СМБП):

- Функционирование и улучшение каждой из двух систем обеспечивает отдельное подразделение, у каждого из которых имеются свои политики, цели и различные мероприятия по их достижению, внутренние и инспекционные аудиты также у каждого свои, как и затраты на них;

- Столкновение двух систем, которые устанавливают различные требования к одним и тем же процессам, что приводит к противоречиям;

- Создание большого количества документов, которые могут дублировать или же напротив противоречить друг другу;

- Конфликты и пренебрежительное отношение подразделений к друг другу, отвечающих за СМК и СМБП.

Решение задачи по внедрению СМК и СМБП имеет синергетический эффект для системы управления предприятия. Процесс объединения СМК и бережливого производства возможен следующим образом:

1. Инструменты бережливого производства интегрируются в СМК;

2. Методология бережливого производства заменяет СМК и строится на ее основе;

3. Бережливое производство и СМК внедряются отдельно друг от друга (наименее эффективный вариант внедрения).

4. Создание интегрированной системы менеджмента на базе СМК и СМБП.

Последний из вышеуказанных методов решения поставленной проблемы является самым эффективным. В 2017 году выпущен ГОСТ Р 57522–2017 «Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства», который предназначен для интеграции СМК и СМБП в единую систему. Основными целями такой интеграции являются:

- Создание единой системы управления СМК и СМБП;

- Снижение конфликтности между подразделениями СМК и СМБП

- Исключение дублирования процессов, документации, сокращение затрат на работу системы;

- Повышение качества с одновременным повышением производительности рабочего процесса и снижением себестоимости продукции.

Важно понимать, при разработке и встраивании интегрированной системы менеджмента предприятие должно функционировать, как единое целое. Основная задача системы управления заключается в контроле функционирования входящих в нее процессов. Это требует единой процессной системы: единые цели, разделенные функции и ответственности. Это достигается с помощью подробных инструкций, строгих норм и единых правил.

В процессе производства конкурентоспособной продукции предприятий машиностроительного комплекса только целостная концепция управления качеством, однозначные обязанности работников и прозрачные критерии могут стать залогом успеха.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»;

2. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования»;

3. ГОСТ Р 56404–2021 «Бережливое производство. Требования к системам менеджмента»;

4. ГОСТ Р 57522–2017 «Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства»

### **Подход к реализации требований к поставщикам военной техники**

Прокопенко А.И., Долгов Я.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Гражданская и военная авиационная промышленность в настоящий момент является одним из гарантов суверенитета Российской Федерации. Исходя из важности обеспечения безопасности страны, необходимо постоянно наращивать объемы разработки новой продукции и обеспечивать качественное производство уже созданной техники. Важно качественное выполнение работ на всех этапах производства — начиная с технического проектирования до этапа серийного производства.

Одним из важнейших аспектов современного производства является особый подход к документообороту и системе менеджмента качества (далее — СМК). Для решения задач выпуска качественной продукции в России, в частности для производства военной техники, были разработаны требования к системам менеджмента качества в рамках системы разработки и постановки на производство военной техники.

При заключении контрактов с организациями-поставщиками, Заказчик, руководствуясь нормативным документом, обязан устанавливать требования к внешним поставщикам в контрактах в виде требований по качеству к системе менеджмента качества поставщика и к поставляемой продукции.

В соответствии с требованиями отраслевого документа, неотъемлемыми частями контракта являются следующие:

- Установленные Заказчиком по поставке и деятельности после поставки продукции;
- Не установленные Заказчиком, но необходимые для поставки продукции;
- Нормативные, относящиеся к продукции;
- По разработке процедуры по созданию отклонений;
- По наличию и содержанию СМК;
- По возможности проведения организацией аудита СМК внешних поставщиков, которым передан заказ;
- По порядку уведомления организации об обнаружении внешним поставщиком несоответствий процессов и продукции;
- По предотвращению применения внешним поставщиком контрафактной продукции, при выполнении заказа;
- О порядке уведомления организации о любых изменениях, касающихся выполнения заказа;
- Другие требования, такие как, требования по разработке планов по качеству, планов по управлению рисками и т.п.

Помимо общих требований по качеству, в контракте присутствует множество других обязательных условий на поставку/покупку продукции, а также, так как требования к качеству продукции могут меняться в течение ЖЦИ и выполнения условий контракта — требуется выпускать изменения к контракту (дополнительные соглашения), которые часто не влияют на основные разделы контракта, а относятся только к разделу по обеспечению качества. Для ускорения процесса согласования подобных дополнительных соглашений введено понятие «соглашение по качеству».

Соглашение по качеству (далее — Соглашение) — это официальный документ, являющийся приложением к основному контракту между Заказчиком и исполнителем, а также распределение обязанностей сторон за те или иные аспекты обеспечения качества. В данном документе излагаются все необходимые требования к качеству продукции и ее

поставке Заказчику. Соглашение удобно тем, что при внесении изменений в него, нет необходимости пересматривать другие условия контракта.

Соглашение включает в себя:

- Условия введения в действие и расторжения;
- Требования к системе контроля производства, и самой производственной системе, и ее организации;
- Требования к документации, связанной с качеством продукции (сертификаты, паспорта, этикетки и прочее);
- Требования к аудиту, отчетности и обзора
- По порядку уведомления организации об обнаружении внешним поставщиком несоответствий процессов и продукции;
- По предотвращению применения внешним поставщиком контрафактной продукции, при выполнении заказа;
- О порядке уведомления организации о любых изменениях, касающихся выполнения заказа;
- Другие требования.

При этом Соглашение не может включать такие пункты, как:

1. Общие коммерческие условия.
2. Условия оплаты продукции.
3. Условия и сроки поставки продукции.
4. Ограничения ответственности.
5. Обязательства о конфиденциальности.
6. Досудебное урегулирование.

Следовательно, Соглашение по качеству дает сторонам возможность не согласовывать повторно «тело» контракта и сократить сроки проведения документооборота, что крайне важно при выполнении работ по разработке и производству продукции.

При введении такого документа, как Соглашение по качеству, также необходимо учесть и реализовать требования в части управления вышеуказанным документом. Соглашение по качеству является документированной информацией, и процедура управления должна быть описана в системе менеджмента качества организации.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 58876-2020 Национальный стандарт Российской Федерации СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИЙ АВИАЦИОННОЙ, КОСМИЧЕСКОЙ И ОБОРОННОЙ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ;
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования

## **Анализ рисков и последствий отказов в учебной деятельности**

Смирнова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Барменков Е.Ю.

МАИ, Москва

Вопрос управления рисками актуален во многих организациях на всем протяжении процесса и даже после его завершения. Для управления рисками используются различные методы, часть которых приведены в стандарте ГОСТ Р ИСО 58771 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска». В данной работе рассмотрен метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis — анализ причин и последствий отказов) и его применение в учебной деятельности.

Метод необходим для идентификации, оценки и снижения рисков. Этот метод относят к классу индуктивных методов, который применяется, как известно, для простых объектов, отказы которых могут быть четко локализованы, а их последствия точно отслежены на каждом уровне. Особенно успешен метод на ранних стадиях планирования и создания продукции и процессов. Одной из задач рассматриваемого метода является определение обобщенной оценки качества приоритетного числа риска (ПЧР). Значимость потенциального

отказа (S), вероятность возникновения дефекта (O), вероятность обнаружения отказа (D) являются составляющими ПЧР.

Метод анализа причин и последствий отказов наиболее часто используется в различных отраслях, таких как автомобилестроение, оборонная промышленность и т.д. Данный метод также можно применить и в учебной деятельности.

В делопроизводстве дирекции Института используется множество процессов, в каждом из которых есть вероятность появления какой-либо ошибки. Чтобы избежать возникновения ошибок, необходимо определить причины, а также способы улучшения процессов, сократив число этих ошибок. Например, рассмотрим процесс изготовления дубликата приложения к диплому. Этот процесс состоит из нескольких этапов. Таких как сбор комплекта документов от того, кто обратился за восстановлением дубликата, изготовление, подписание и выпуск приказа по Университету, заказ бланков строгой отчетности, поиск данных об успеваемости (пройденные дисциплины, количество зачетных единиц, оценки, тема выпускной квалификационной работы и т.д.), заполнение вручную шаблона дубликата приложения к диплому, указав найденные данные об успеваемости, печать документа и подписание руководителем, заполнение книги регистрации, выдача готового дубликата приложения к диплому.

На любом этапе рассматриваемого процесса могут возникнуть отказы, т.е. ошибки. Первый этап — сбор комплекта документов. Ошибки: неправильно заполненное заявление, предоставление не всех требуемых документов. Второй этап — изготовление, подписание и выпуск приказа по Университету. Ошибки: неточности в написании ФИО, даты рождения и других сведений. Третий этап — заказ бланков строгой отчетности. Ошибки: заказан не тот бланк (например, нужен бланк магистра, а забрали бланк бакалавра и т.д.). Четвертый этап — поиск данных об успеваемости. Иногда возникают трудности, т.к. очень часто обращаются те, кто закончили обучение более 15-20 лет назад, а это уже является архивным документом. Поиск может немного затянуться. А иногда, что самое непростое, восстановление успеваемости возможно только по зачетной книжке. Пятый этап — заполнение вручную шаблона дубликата приложения к диплому, указав найденные данные об успеваемости. Возможно допустить ошибку в написании пройденной дисциплины, оценки, ФИО, темы выпускной квалификационной работы и т.д. Шестой этап — печать документа и подписание руководителем. Возможно испортить бланк строгой отчетности. Это может возникнуть не по вине сотрудника. Седьмой этап — заполнение книги регистрации. Допустить на данном этапе ошибку сложно, но возможно. После всех пройденных этапов осуществляется выдача дубликата приложения диплома заказчику.

В работе выявлены только ошибки, но в дальнейшем планируется выявить причины их возникновения, а также провести анализ и оценку. Я считаю, что это вполне возможно. После определения причин будет определена оценка вероятностей по десятибалльной шкале. По этой шкале будет формироваться рейтинг обнаружения, оценивающий выявление ошибок. Будет рассчитано ПЧР путем перемножения трех его составляющих (S, O и D). Будет сформирована команда из нескольких человек для наиболее реального выявления возможных ошибок и определение их размеров. А также будут определены необходимые мероприятия, исполнители и ответственные из команды. И в самом конце будет повторно проведен анализ ошибок для того, чтобы определить эффективность проведения этих мероприятий.

Список используемых источников:

1. Кане М.М., Иванов Б.В., Корешков В.Н., Схиртладзе А.Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие. 2-е изд. 2019. — 576 с.
2. ГОСТ Р ИСО 58771-2019 МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА. Технологии оценки риска. — М.: Стандартиформ, 2019.

## **Анализ причин и последствий отказов процесса патентного исследования на основе FMEA-анализа**

Шипилева А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Не только в России, но и во всем мире конкуренция растет и набирает обороты. Многие компании и обычные предприниматели начинают патентовать свои идеи, разработки и технологии. Они делают это для того, чтобы привлечь внимание потребителя и не дать конкурентам такими же разработками переманить их на свою сторону.

Существуют организации, которые не только занимаются приемом заявок и регистрацией патентов, но и патентными исследованиями. Патентное исследование представляет собой проведение исследования патентных документов и их дальнейший анализ. В итоге после всех выполненных действий раскрывается картина на патентную ситуацию в определенной области с учетом всех влияющих факторов. Именно это помогает компаниям понять какие перспективные технологии будут востребованы и популярны.

Патентное исследование состоит из следующих этапов:

- Определение области применения патентного исследования;
- Разработка модели анализируемой области;
- Проведение поиска;
- Контроль качества;
- Экспертная оценка;

К преимуществам патентных исследований можно отнести: информацию, так как большая ее часть будет уникальна на 80%; полученные данные об исследуемой области максимально объективны и независимы; уменьшение количество рисков, связанных с инновациями, которые хотят внедрять организации; понятные результаты, которые предоставляются в удобной форме для того, чтобы человек не разбирающийся в этой сфере все наглядно понял.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 говорит, что рисками необходимо управлять, так как они могут возникнуть в процессе производства продукции и нарушить ее качество. Проблема управления рисками очень актуальна. Всем компаниям, чтобы оставаться конкурентоспособными, нужно понимать, что каждое производство имеет свои риски и потери, именно поэтому для каждой компании важно предусмотреть изменение факторов и условий, способных оказать существенное влияние на ее функционирование. Для этого используют разные методы и инструменты, сюда входит и FMEA-анализ. FMEA-анализ — анализ причин и последствий отказов, чаще всего он применяется для выявления рисков, которые потенциально могут произойти и нанести какой-либо вред потребителю.

При применении FMEA-анализа к процессу патентного исследования, были выявлены следующие элементы, в которых возникает большой риск возникновения несоответствия: определение области применения патентного исследования, разработка модели анализируемой области, контроль качества. Возникновение этих несоответствий может привести к потере технологических областей или ключевых аспектов, значимых для анализа предметной области, к упущенной возможности, так как изобретений, которые патентуют, становится все больше, и необходимо быстро реагировать на эти изменения, а также к предоставлению недостоверной информации клиенту, из-за чего он может совершить неверный шаг и упустить шанс оформить патент на разработку или наоборот попасть в суд за неправомерное использование запатентованной технологии.

При анализе были предложены следующие предупреждающие действия:

- Определение области применения патентного исследования

Повышение квалификации сотрудников и разработка методических указаний для определения области применения патентного исследования.

- Разработка модели анализируемой области

Замена старого оборудования, проведение ТО, разработка универсальной модели предметной области.

- Контроль качества:

Найм на работу новых квалифицированных специалистов с опытом работы, проведение второго контроля.

Таким образом, с помощью FMEA-анализа мы смогли не только определить риски, но и ранжировать их. Это позволяет понять какие риски больше причинят ущерб нам и нашим клиентами и дает разработать предупреждающие действия, а после оценить эффект воздействия их на риски. Такая деятельность со стороны организации снизит количество несоответствующей продукции и тем самым повысит доверие потребителей.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 51901.12-2007 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Менеджмент риска МЕТОД АНАЛИЗА ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ.

2. FMEA Анализ видов и последствий потенциальных отказов / Крайслер Корп., Форд Мотор Компани, Дженерал Моторс Корп. Руководство 4-е издание, 2008. С. 40.

3. Что такое патентные исследования и как их провести. URL: <https://www.garant.ru/gardium/guide/chto-takoe-patentnye-issledovaniya/> (Дата обращения: 21.02.2023). — Текст: электронный.

4. ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. URL: <https://www1.fips.ru/about/deyatelnost/konferentsii-seminary/shvedova.pdf> (Дата обращения: 21.02.2023). — Текст: электронный.

## Секция №9.3 Управление персоналом аэрокосмической отрасли

---

### Современные тенденции в управлении конфликтами на предприятии

Алексеева П.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Краев В.М.

МАИ, Москва

В настоящее время среди персонала высокотехнологических предприятий возникают трудовые конфликты. Трудовые конфликты характеризуются высоким уровнем напряженности среди персонала, а также снижением уровня работоспособности. Если конфликтная ситуация выявлена своевременно на начальной стадии, то вероятнее всего это способствует быстрому разрешению конфликта. Современные условия ведения бизнеса, характеризующиеся высоким уровнем неопределенности, ускорением инновационных процессов, острой конкуренцией, предъявляют высокие требования к качеству человеческого потенциала предприятий.

Конфликты имеют как позитивные функции, такие как интеграция общества, в то же время обладают и деструктивными функциями, которые весьма опасны и могут угрожать внезапными потрясениями. Главными сторонами трудового конфликта могут быть сотрудники, руководители, органы государственного и муниципального управления. Профсоюзы и объединения работодателей являются представителями интересов работников и работодателей. Предлагается рассмотреть типы противоречий, лежащих в основе трудовых конфликтов: проблемы распределительных отношений, сложности функционального взаимодействия, ролевые противоречия, лидерство, ненормальные условия труда и другие социальные различия.

Под «управлением конфликтом» понимается такая деятельность субъекта управления, которая направлена на разрешение и завершение конфликта. Сегодня выделяют следующие методы разрешения конфликта: пояснение требований к работе, установление иерархии полномочий между сотрудниками, установление общекорпоративных целей и задач перед персоналом, использование прозрачной системы материальной и нематериальной мотивации.

Таким образом, благодаря использованию современных методов разрешения конфликтов своевременно могут быть выявлены и устранены скрытые разногласия между сотрудниками на ранних стадиях, что важно для налаживания коммуникаций среди сотрудников и минимизации потерь для бизнес-процессов компании.

Список используемых источников:

1. Алексеева, П. А. Актуальные проблемы анализа результатов опросов в больших компаниях / П. А. Алексеева, В. М. Краев // Московский экономический журнал. — 2019. — № 12. — С. 92.
2. Алексеева П. А., Краев В.М. Современные модели снижения конфликтности персонала предприятий аэрокосмического комплекса // Московский экономический журнал. — 2021. — № 1. — С. 28. — DOI 10.24411/2413-046X-2021-10004.
3. Краев, В. М. Метод выявления конфликтных отношений между субъектами бизнес-процессов на основе парных коррелирующих взаимных оценок / В. М. Краев, И. С. Масич, А. И. Тихонов // Бизнес-информатика. — 2022. — Т. 16, № 3. — С. 85-97. — DOI 10.17323/2587-814X.2022.3.85.97. — EDN QMXXQE.

## Управление персоналом в Китае. Влияние восточных традиций

Ашарина О.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

Управление персоналом является одной из ключевых областей менеджмента, поскольку на данный момент человек является ведущей силой в работе компании, не смотря на то, что во многих сферах активно ведется процесс автоматизации труда. Основные методы воздействия и работы с персоналом в сфере управления различаются в каждой стране. Такие расхождения обусловлены разницей в культурно-историческом наследии и менталитете государств. В данном докладе рассматриваются основные особенности методов управления персоналом в Китае.

- 1) Проекция доктрины Конфуция на современную китайскую систему менеджмента
- 2) Жесткое контролирование деятельности не приводит к должным результатам, главными условиями успеха являются дисциплина и самоконтроль
- 3) Процесс управления персоналом в Китае основывается на достижении идеального баланса в отношениях между руководством и персоналом

4) Важная роль семьи и клановой политики в управлении компаниями в Китае

В китайской системе управления персоналом имеются такие проблемы, как:

- 1) Вовлечение сотрудников нижних уровней в решение задач компании становится почти невозможным из-за клановой политики подавляющего большинства фирм
- 2) Ключевая роль межличностных отношений в оценке работы сотрудников
- 3) Авторитарное и жесткое управление и бдительный контроль за подчиненными
- 4) Широко распространены интриги и борьба между сотрудниками вследствие не всегда объективной оценки деятельности работников

5) Низкая эффективность обучения персонала

В данном докладе затронуты основные ценности организации менеджмента в Китае:

- 1) Человек является основным инструментом для достижения целей компании
- 2) Культура семьи в предприятиях. Работа сотрудника зачастую оценивается довольно субъективно, в основу идет оценка отношений с главенствующей семьей.
- 3) Изменчивость и гибкость к нововведениям

Список используемых источников:

1. Бо Чжан, Солтцкая Т. А. Особенности системы управления персоналом в китайских компаниях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8. Менеджмент. — 2015. — № 2. — С. 33–40.
2. Ван, Лицзюнь. Особенности управления персоналом в Китае / Лицзюнь Ван. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 28 (132). — С. 378-380. — URL: <https://moluch.ru/archive/132/37073/> (дата обращения: 07.03.2023)
3. Кайкэ Ч. Конфуцианство и «культура предприятия» в современной Восточной Азии. Автореф. дис. на соис. учен. степени канд. историч. наук. М., 2014. — 27 с.

## Оценка творческого потенциала персонала организации

Баранова С.В., Гарбуз Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Воронцова Ю.В.

ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Москва

Любой вид человеческой деятельности представляет собой совокупность как минимум двух компонентов: регламентированного и творческого. При этом возрастает роль труда, направленного на создание инновационной и творческой составляющей профессиональной деятельности, развитие которой в организации можно было бы планировать с учетом возможности его измерения с помощью количественных оценок. Творческий потенциал организации с точки зрения системного подхода представляет собой совокупность взаимодействующих между собой креативных потенциалов на индивидуальном, групповом и организационном уровнях [3].

Интеллектуальная составляющая творческого потенциала представляет собой способность формировать и развивать новые организационные знания и умения, а также навыки их применения для создания идей и решений по разработке и внедрению инноваций, которые обеспечили бы рост инновационной активности организации, в том числе с учетом процесса цифровизации.

Целью разработки и внедрения инновационных технологий является создание искусственного интеллекта в глобальном цифровом пространстве. Речь идет о сложных системах, которые дают больше возможностей для самоорганизации различным структурам, а также помогают поддерживать безграничное расширение, как организациям, так и государствам, учитывая особенности и сложности по всему миру. Необходимо прорабатывать множество альтернативных сценариев, что требует динамичного, восходящего процесса, а не использование одного какого-либо конкретного инструмента [2].

В этой связи проблема выявления и оценки творческого потенциала персонала организации становится еще более актуальной [1], так как, например, использование робототехники позволит бизнесу работать без учета человеческого ресурса в прежних масштабах, что может повлечь за собой отказ от поиска подходов, методов и др. объективной достоверной оценки креативности сотрудников, а следовательно, и стоимости их творческого потенциала.

Список используемых источников:

1. Воронцова, Ю.В., Федотова, М.А. Формирование концепции управления стоимостью человеческих ресурсов // Московский экономический журнал, 2020, №6. С.77
2. Воронцова, Ю.В., Баранов, В.Н., Баранова, С.В. Искусственный интеллект как фетиш современности // Актуальные направления повышения доходности социальных и бизнес-проектов-2021: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / ГУУ. — М., 2021. С. 5-7.
3. Zelentsova, L., Shalamova, N., Akopyan, A. The development of creative organization potential in the context of intelligent production // WISDOM — Special Issue 1(2), Philosophical Issues of Economics, 2022. pp. 186-192.

## **Формирование высокоэффективных проектных команд в компании**

Бондаренко С.А.

Научный руководитель — Семина А.П.

МАИ, Москва

Командная работа — важный аспект в достижении результатов организации. Команда проекта способствует конкретному преимуществу организацией и позволяет компании действовать наиболее эффективно. Формирование рабочих коллективов «под задачу» позволяет компаниям добиваться высокого качества реализации инновационного проекта.

В рамках нашей работы мы проводим анализ состава проектной команды и определяем критерии подбора персонала в рабочую группу компании. Гипотеза работы состоит в идее модернизации существующих систем подбора персонала и построения комплекса методов, направленных на выявление у соискателей набора мягких и жестких навыков. Систематизированный отбор кандидатов проводится с учётом особенностей организации, направлен на развитие участников проектной группы в системе команды и способствует личностному развитию каждого участника.

В работе авторы рассматривают этап формирования проектной команды и дают ответы на следующие вопросы по организации группы специалистов в команду: эффективность методологии и выбор принципа управления проектом; зависимость состава проектной команды от жизненного цикла проекта; критерии оценивания навыков соискателя; определение факторов, способствующих слаженной работе коллектива. Ситуация на мировом рынке HR требует адаптации существующих методологий в цифровую среду современных предприятий.

В заключение работы авторы делают вывод о необходимости трансформирования подхода к подбору персонала в компаниях, использующих командные формы организации

труда. В исследовании также анализируется потенциал использования проектных методов управления. Сделаны следующие выводы: основная задача кадровой службы — подбор команды профессионалов, которая способна выводить проекты на новый уровень, приумножая величину результативных показателей организации. Выбранная руководством форма трудовой деятельности кадров способна обеспечить компании высокую конкурентоспособность.

Автор исследования подчеркивает, что рассмотрение данной темы невозможно без изучения материалов по управлению персоналом при проектной организации деятельности. Знание основных требований при проектно-ориентированном подборе персонала является неотъемлемой компетенцией для будущего HR-специалиста.

Список используемых источников:

1. Семина А.П., Желтенков А.В. Особенности формирования команды международного проекта // 21-ая международная конференция «Авиация и космонавтика». — М.: Перо, 2022. — С. 572-574.

2. Семина А.П. Формирование и внедрение программы благополучия в компании для повышения эффективности деятельности команд // XLVIII международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения». — М.: Перо, 2022. — С. 632.

3. Семина А.П. Влияние командной формы организации труда на эффективность организации. формирование «суперкоманды» // Московский экономический журнал. — 2021. — №11

### **Важность поискового чтения на среднем этапе обучения при подготовке кадров ОПК**

Воронин Я.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Воронина Н.Ф.

МГПУ, МАИ, Москва

На фоне обновления производства организаций ОПК на современном этапе выявляется резкий дефицит кадров, которые владеют навыком правильной обработки информации и обладают необходимыми знаниями передовых технологий и оборудования. Поэтому подготовку и поиск потенциальных специалистов в инженерной области необходимо осуществлять на среднем этапе обучения. Особенно важным для будущих сотрудников ОПК становится владение навыком эффективной работы с большим объемом информации, т.к. он во многом определяет успешность их профессионализма. [1]

В мире 100% людей способны анализировать представленную информацию, но качество анализа может существенно различаться, так как только около 20% людей могут правильно интерпретировать ее и понять. Процесс восприятия и осознания информации чаще всего связан с чтением. Выделяют четыре вида чтения: ознакомительное, просмотровое, поисковое и изучающее. Но именно поисковое чтение больше влияет на быстрое нахождение, определение и понимание важной информации. Такой род деятельности особенно важен специалистам, в процессе работы взаимодействующими с большими объемами текстов, особенно научной или технической направленности. Поисковое чтение также тесно связано с другими видами речевой деятельности: письмо, аудирование, говорение. Изучение данной области может повлиять на каждый вид речевой деятельности.

Овладение стратегией поискового чтения помогает повысить эффективность в работе с информационными источниками. Актуальность и полезность поискового чтения заключается в следующих параметрах:

- Повышенная скорость чтения;
- Помощь в оценке структуры источника;
- Формирование общего представления о сложности и новизне содержания;
- Помощь в отработке уже известных сведений и облегчение восприятия нового материала;
- Отработка навыков ориентации в текстовом пространстве.

Гипотезой исследования является предположение, что навык поискового чтения повысит эффективность работы с информационными источниками.

Целью данного исследования является знакомство учащихся с поисковым чтением и наблюдение за динамикой правильного применения навыков при работе с незнакомым информативным источником.

Для проверки гипотезы использовалась адаптированная автором методика поискового чтения, разработанная на основе исследований С.К. Фоломкиной. [2] Данная методика включает в себя взаимодействие с различными текстами посредством предтекстовых, текстовых и послетекстовых упражнений.

Исследование проводилось на базе среднеобразовательной школы, учащиеся средних классов. Исследование включало три этапа. На начальном этапе проведена оценка навыка поискового чтения у обучающихся. Учащиеся средних классов не обладали достаточными навыками для успешного прохождения тестирования. Последующие этапы включали в себя реализацию практических занятий, направленных на формирование и закрепление навыка активного чтения. После прохождения обучения общий процент выполнения среди учащихся составил 45%. После прохождения программы, которая состояла из начального теста, четырех промежуточных тестов и заключительной работы, участники исследования повысили свой уровень владением текстовой информацией и общий процент правильного выполнения работы составил 86%. Следует отметить, что в каждом тесте было шесть или семь различных заданий на отработку поискового чтения, которые изредка повторялись, заменялись другими упражнениями или меняли свою суть.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило гипотезу о влиянии поискового чтения на эффективность восприятия информации. Внедрение поискового чтения может применяться, как одна из стратегий при подготовке кадров ОПК на среднем этапе обучения.

Список используемых источников:

1. Воронина Н.Ф. Самоопределение учащегося как фактор формирования трудового ресурса. Журнал «Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса» №4 (45), 2018. С. 97-101 DOI 10.25683/VOLBI.2018.45.468
2. Фоломкина С. К. Обучение чтению на иностранном языке в неязыковом вузе. — М.: Высшая школа, 2005. — 185 с.
3. Митина О.А. Системы поиска информации на основе анализа слабоструктурированного текста // Национальная ассоциация ученых . — 2021. — №65. — С. 30-32.
4. Новикова Д.А. Поисковое чтение в средней школе // Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. — Астрахань: Научный центр «Олимп», 2019

## **Использование чат-бота в развитии талантов организации**

Гладкая К.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Коновалова В.Г.

ГУУ, Москва

Все чаще руководители приходят к тому, что обучение и развитие своих сотрудников — это необходимость для любой компании, которая стремится сохранять свое положение на конкурирующем рынке. Большинство компаний признают тот факт, что необходимо удерживать ценных сотрудников, предоставлять им возможности карьерного развития и профессионально развивать. Одним из эффективных инструментов вовлечения и организации обучения и развития персонала является применение чат-ботов [1].

Чат-боты обладают расширенным функционалом, достаточно просты в использовании и создании, в них можно внедрить любую программу по обучению и развитию персонала. Так, чат-бот может быть внедрен в программу развития высокопотенциальных сотрудников. Основной ее целью является помощь талантливым сотрудникам в осознании всех возможных путей развития карьеры, определении карьерной цели и перестроение понимания сотрудников об их карьерном развитии.

На базе чат-бота участники регулярно получают образовательный контент в формате мини-курсов и параллельно планируют звонки с коллегами, выбирая дату и время. Тематика блоков программы формируется на основе результатов проведенных фокус-групп с сотрудниками и с их руководителями, а также с учетом текущих трендов в обучении и развитии. Основой содержания обучения выступают познавательные посты чат-бота, которые он с определенной периодичностью предлагает изучать участникам [2].

После каждого обучающего раздела сотрудник с помощью чат-бота рефлексировать. Чат-бот предлагает ответить на несколько вопросов о том, что больше всего вызвало отклик на неделе, чему научились, какой паттерн поведения нужно развивать. Все полученные ответы сохраняются в дневнике. Благодаря рефлексии участники понимают, какие методы, способы, форматы в обучении им подходят, как полученные знания откликаются на в их повседневной рабочей среде.

Задания на рефлексию — основа practice meetings. Practice meetings — регулярные встречи с коллегами со спецзаданием, они являются основным форматом обучения сотрудников. Чат-бот случайно соединяет двух участников программы, присылает контакты собеседника и дает задание на встречу по текущей теме обучения. В течение 10–14 дней участники должны назначить и провести встречу, чат-бот будет напоминать им об этом.

Для того, чтобы чат-бот мог отследить, состоялся practice meeting или нет, после встречи каждый собеседник должен заполнить форму обратной связи, ответив на 5 коротких вопросов. Это также позволит организаторам оценить, насколько успешно прошла встреча, а участникам получить дополнительную обратную связь о себе и встрече и краткие выводы, идеи после нее.

Благодаря таким встречам участники, во-первых, применяют и анализируют полученные знания на практике, делятся друг с другом собственным опытом по текущей теме обучения, расширяют круг знакомств в компании и получают ценные советы и идеи для себя. По итогам программы участник проходит 6 practice meeting.

С целью вовлечения и геймификации процесса обучения чат-бот назначает баллы за каждую активность программы развития:

- Practice meeting;
- Выполнения задания в рабочей тетради;
- Участие в опросе;
- Прохождение тестирования.

Несомненно, чат-бот в программе также выполняет функцию поддержки: он подскажет, напомнит и сориентирует участника по количеству набранных баллов, даст ответы на часто задаваемые вопросы, свяжет с командой поддержки по любым возникающим вопросам.

Описанная программа обучения имеет социальную и экономическую эффективность. Социальная эффективность проявляется в формировании кадрового резерва, снижении текучести кадров, повышении мотивации сотрудников с высоким потенциалом, созданием приверженности талантливых сотрудников к компании, формировании благоприятного социально-психологического климата

Экономический эффект проявляется в поддержке, развитии и удержании кадрового резерва компании, что потенциально снизит в будущем издержки компании на поиск, подбор и адаптацию новых сотрудников, которые нанимаются из вне компании. Также в результате мероприятий по повышению квалификации и продвижению сотрудников ожидается рост их мотивации к труду и, соответственно, рост эффективности труда, создаются условия для реализации и развития индивидуальных способностей сотрудников с высоким потенциалом. Компания сохраняет важные способности и интеллектуальный капитал, что положительно влияет на ее рейтинг на рынке, улучшаются отношения с клиентами и контрагентами [3].

Таким образом, чат-бот является адаптивным и эффективным инструментом обучения и развития. Он может как помогать в процессе развития, предоставляя необходимые материалы и проводя опросы, так и полностью поддерживать целую обучающую программу.

Список используемых источников:

1. Тихонов, А.И., 2020. Основные факторы удержания сотрудников в российских компаниях. // Московский экономический журнал. 2020. №7. URL: [www.qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2020-2/](http://www.qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2020-2/).
2. HiPo: как компании выявляют сотрудников с высоким потенциалом? Большой обзор. Date Views 13.02.2022 [www.hr-inspire.ru/?p=20627](http://www.hr-inspire.ru/?p=20627).
3. Гладкая К.В., Тихонов А.И. Автоматизация задач в области управления персоналом // Московский экономический журнал. — 2020. — № 4

## **Консалтинг в условиях цифровой трансформации**

Димитрова С.М.

Научный руководитель — доцент, Краев В.М.

МАИ, Москва

Современная экономика развивается стремительно. Благодаря тому, что уже долгое время происходит цифровая трансформация различных сфер и отраслей, этот процесс непосредственно затрагивает также и саму сферу консалтинга. «Специалисты консалтинговых компаний, отвечающие требованиям современной цифровой среды, способны грамотному переходу предприятий-клиентов на путь цифрового развития» [1, стр. 78].

«Консалтинг (англ. consulting — консультирование) — вид услуг, предоставляемых корпоративным клиентам, заинтересованным в оптимизации своего бизнеса» [2, стр. 7]. «Часто под консалтингом понимают вид интеллектуальной деятельности, основная задача которого заключается в анализе, обосновании перспектив развития и использования научно-технических и организационно-экономических инноваций с учетом предметной области и проблем клиента» [3, с. 10]. «Спектр консультационных услуг, направленных на решение бизнес-проблем информационного, управленческого и практического характера. Услуги предоставляются на платной основе отдельным специалистом или экспертной группой» [4].

В современных условиях наиболее актуальным вопросом является существование и развитие отечественных организаций в условиях санкций и ухода из России зарубежных компаний. Из-за того, что произошел разрыв на уровне международных поставок, переоцениваются имеющиеся запасы, корректируется плановое производство и реализовываются неликвиды.

Актуальным вопросом для решения проблем во время санкций является разработка стратегии по преодолению нелегкого кризиса, исследование рынка услуг и адаптация к новым условиям.

В современных условиях санкционного давления российский рынок консалтинга коснулась трансформация. Это приведет к перераспределению объемов услуг. С другой стороны, консалтинговые компании будут и дальше применять различные цифровые технологии, которые будут появляться и облегчать процессы консультирования.

Список используемых источников:

1. Юссуф, А. А. Цифровое консультирование: особенности цифровой трансформации в сфере консалтинга / А. А. Юссуф, Д. С. Тимохина, Е. А. Гребенюк // Вестник университета. — 2020. — № 9. — С. 77-84. — DOI 10.26425/1816-4277-2020-9-77-84. — EDN YRERDP.
2. Шестакова Е. В. Кадровый консалтинг и аудит [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Шестакова Е.В., Прытков Р.М., Оренбургский государственный университет. — Оренбург : ОГУ, 2013. — 199 с.
3. Роздольская, И. В., Ледовская, М. Е., Немькин, Д. Н. Стратегия имплементации подходов и направлений цифровой экономики в управленческую практику консалтинговых компаний // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права [S. I.]. — 2019. — № 6 (79). — Рр. 9-22.
4. Что такое консалтинг: виды, формы, цели [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.globfin.ru/inf/consulting.htm> (дата обращения: 20.06.2020).

## Анализ результатов специальной оценки условий труда в международном аэропорту города Сочи

Иваненко И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Мессинева Е.М.

МАИ, Москва

Специальная оценка условий труда (СОУТ) — это система мероприятий, служащая для выявления вредных или опасных для здоровья и жизни работника факторов и оценки уровня их воздействия на человека. По ее результатам определяются классы условий труда и устанавливаются специальные льготы и компенсации за работу с вредными (опасными) факторами. СОУТ регулярно проводится на всех видах предприятий, в том числе и в аэропортах.

Задачей данной работы был анализ результатов СОУТ, проведенной в аэропорту города Сочи в 2021 и 2022 годах, а также разработка предложений по мероприятиям, направленным на улучшение условий труда.

Объектом настоящего исследования являлся международный аэропорт Сочи имени В.И. Севастьянова, расположенный в Адлерском районе города Сочи. Это один из крупнейших аэропортов России — он занимает 5 место по объему пассажирских перевозок (12 миллионов человек за 2022 год) и 6 место по площади (65000 кв.м.). По данным за 2021 год на предприятии работает 1710 сотрудников.

Во время проведения специальной оценки условий труда в 2021 году было проверено 214 рабочих мест (на которых работает 447 человек), относящихся к 25 отделам аэропорта. На многих из оцениваемых рабочих мест работа осуществляется посменно — этим объясняется несоответствие количества рабочих мест и числа работников. В результате анализа было выявлено, что 71% работников трудится на рабочих местах, относящихся ко 2 (допустимому) классу — например, это диспетчер, инженер, механик. 29% соответствуют 4 (опасному) классу — служба аварийно-спасательного обеспечения полетов. К основным факторам, влияющим на работников, рабочие места которых были оценены в 2021 году, можно отнести: химический фактор, шум, общую и локальную вибрацию, тяжесть и напряженность трудового процесса.

В 2022 году было проанализировано 53 рабочих места (на которых работает 79 человек), принадлежащих к таким подразделениям, как отдел качества, медицинская служба, центр оперативного управления аэропортом. Оказалось, что в условиях 2 класса работают 97% сотрудников — например, фельдшер, штурман. 1,5% принадлежат подклассу 3.1 (вредному) — водитель спецмашин, а остальные 1,5% — 4 классу — спасатель. На оцениваемые в 2022 году рабочие места больше всего влияла тяжесть и напряженность труда.

Из представленных исследований видно, что большинство работников аэропорта принадлежат ко 2 классу условий труда. Допустимый класс теоретически можно отнести к безопасному. Разница в результатах между годами определяется тем, что в анализируемые периоды проверялись рабочие места разных отделов, на которых работают люди разных профессий. Меньшая часть сотрудников работают в условиях с вредными и опасными факторами (3 и 4 класс соответственно). Для этих работников следует вводить дополнительные компенсации, льготы и выплаты, а также проводить обязательные мероприятия по охране труда.

Для снижения степени воздействия выявленных вредных или опасных факторов на предприятии предлагаются следующие мероприятия:

- Для уменьшения уровня шума — использование средств индивидуальной защиты органов слуха (противошумные наушники, беруши);
- Для снижения воздействия вибрации — противовибрационные перчатки;
- Для снижения напряженности трудового процесса — организация эффективного режима труда и отдыха, рационализация рабочих мест и рабочей позы;
- Для уменьшения степени химического воздействия — использование средств индивидуальной защиты органов дыхания (защитных масок, респираторов) от воздействия аэрозолей вредных веществ;

- Для снижения тяжести трудового процесса — установка средств механизации и автоматизации.

В результате анализа было выявлено, что большая часть сотрудников работает на местах с допустимыми условиями труда, остальные — в условиях с вредными и опасными факторами. Также были предложены рекомендации для снижения неблагоприятных факторов рабочей среды и улучшению условий труда.

## **О некоторых аспектах ресурсного обеспечения в аэрокосмической отрасли**

Ивашко Г.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Дедус Ф.Ф.

МАИ, Москва

Управление персоналом в аэрокосмической сфере является одним из ключевых направлений ресурсного обеспечения в аэрокосмической сфере с учетом необходимости выполнения комплекса требований по безопасности полетов, а также для успешной реализации проектов и достижения целей компании. В настоящем докладе рассмотрены основные задачи по управлению персоналом в аэрокосмической сфере и приведены некоторые примеры лучших практик.

Управление персоналом в аэрокосмической сфере включает в себя набор стратегий и методов, которые позволяют компаниям и организациям привлекать, развивать и удерживать наиболее подготовленных и способных специалистов. Для достижения этой цели необходимо обеспечить определенный уровень знаний, навыков и опыта у сотрудников.

Одним из важных аспектов управления персоналом является подбор и отбор квалифицированных кадров. Компании (организации) должны проводить тщательный поиск специалистов с соответствующими квалификацией. При этом необходимо учитывать, что работники в аэрокосмической сфере должны быть подготовлены к решению сложных задач и работе в экстремальных условиях.

Другим существенным фактором, влияющим на эффективность управления персоналом является обучение и развитие сотрудников. Компании должны инвестировать в программы обучения и развития, которые позволят улучшать навыки работников и подготовиться к новым вызовам. Кроме того, необходимо обеспечить условия для повышения квалификации, обмена опытом и профессиональной поддержки.

Управление персоналом в аэрокосмической сфере имеет свои особенности, связанные с высокой степенью ответственности, сложностью технических процессов и повышенными требованиями по соблюдению правил безопасности. Основными особенностями управления персоналом в этой сфере являются:

- Квалификация персонала. Работа в аэрокосмической отрасли требует от сотрудников высокой квалификации и специализированного образования. Управление персоналом включает в себя не только подбор и отбор, но также и подготовку, повышение квалификации и регулярную оценку профессиональных навыков.

- Строгие правила безопасности. В аэрокосмической сфере безопасность имеет первостепенное значение. Управление персоналом включает в себя разработку и контроль соблюдения правил безопасности, регулярный надзор соблюдения стандартов и выполнения требований, а также оценку рисков и разработку мер по их минимизации.

- Использование сложных технических систем и средств. Аэрокосмическая отрасль характеризуется широким использованием сложных технических систем и средств, таких как автоматизированные системы управления полетом, высокотехнологичные двигательные системы, наземные комплексы технического обслуживания и многие другие. Управление персоналом включает в себя обеспечение сотрудников необходимым техническим оборудованием, организацию обучения и текущей поддержки в использовании современных технологий.

Все эти особенности требуют от руководителей компаний и организаций в аэрокосмической отрасли особого внимания к управлению персоналом, формированию

коллективов квалифицированных и подготовленных работников, а также обеспечению высокого уровня безопасности при выполнении задач.

В проекте «V-air» по созданию экосистемы малой авиации на территории СФО, ДФО и СКФО применена технология проектного управления.

Проектное управление — это методология управления проектами, которая позволяет достичь поставленных целей и задач проекта в рамках ограничений по ресурсам, времени и бюджету. В аэрокосмической сфере проектное управление является одним из основных видов управления персоналом, так как этот сектор характеризуется высокой степенью сложности, необходимостью соблюдения множества технических стандартов и стандартов безопасности.

Проектное управление в аэрокосмической сфере может рассматриваться на трех уровнях: программном, проектном и операционном. На программном уровне рассматривается управление портфелем проектов, которые связаны общими целями и ресурсами. На проектном уровне осуществляется управление конкретным проектом, включая планирование, контроль и управление рисками. На операционном уровне осуществляется управление производственными процессами, включая управление качеством и безопасностью.

Проектное управление в аэрокосмической сфере имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционными методами управления персоналом. Прежде всего, это позволяет достигать целей проекта в условиях неопределенности и высокой степени сложности.

Проектное управление в аэрокосмической сфере также требует определенных навыков и компетенций управленческого звена. Например, менеджер проекта должен иметь опыт работы в технической сфере, понимать специфику производственных процессов, уметь управлять рисками и принимать быстрые решения. Кроме того, менеджер проекта должен обладать развитыми коммуникативными навыками, чтобы эффективно взаимодействовать с различными заинтересованными сторонами, такими как клиенты, инженеры, субподрядчики и другие участники проекта.

Список используемых источников:

1. Кабанов А.А. Моделирование аэрокосмических производств: обзор технологий, методов и перспектив их использования в производствах будущего. // Инженерный журнал: наука и инновации, 2022, вып. 10.

2. Строев В.В., Тихонов А.И. Инструмент по карьерному развитию персонала на предприятиях аэрокосмической отрасли // Московский экономический журнал, 2022, № 7.

## **Формирование системы благополучия персонала организации**

Казанцева А.А.

Научный руководитель — Семина А.П.

МАИ, Москва

В современном мире главным драйвером успешного бизнеса является персонал, его энергия и желание приносить пользу окружающему пространству. Гармоничное сосуществование ключевых элементов жизнедеятельности человека, таких как здоровье, профессиональная реализация, финансовая стабильность, социальные связи и благоприятная среда формируют состояние благополучия, что находит свое отражение в концепции well-being. Очевидно, что сотрудник, испытывающий проблемы со здоровьем, профессиональную стагнацию и высокий уровень стресса склонен демонстрировать низкие показатели труда.

Именно поэтому крупные корпорации всегда стараются проявлять заботу о своем персонале. Менеджмент подобных компаний видит, что забота о благополучии сотрудников в итоге окупается и финансово для организации в целом.

Рассмотрим систему благополучия персоналом Национального расчетного депозитария. НРД является центральным депозитарием Российской Федерации и предлагает клиентам широкий спектр услуг, а также признан Банком России системно значимой инфраструктурной организацией финансового рынка.

НРД не имеет четко обозначенной программы по развитию well-being.

В 2021 году НРД провел опрос вовлеченности сотрудников. Наибольшую вовлеченность продемонстрировали сотрудники со стажем работы в компании до двух лет и те, кто работает более пяти лет. Наименьший бал получила метрика work-life баланс. Поэтому компании следует обратить внимание на формирование полноценной системы благополучия персонала.

Отличным решением для организации станет разработка собственной платформы, отвечающей всем или хотя бы большинству запросов работников.

По каждому из классических пяти направлений запланирован комплекс мероприятий, направленных на развитие тех или иных компетенций сотрудника. Их будет объединять единое информационное поле — платформа well-being.

Этапы реализации программы можно разделить на несколько шагов. Первый этап, а именно проведение опроса вовлеченности и удовлетворенности уже пройден. Следующим шагом является проведение аудита существующих мероприятий, их систематизация и определение ключевых направлений развития. После аудита, можно приступать к разработке комплекса мероприятий well-being и далее к поиску решений, на базе которых можно создать единую платформу по предоставлению спектра услуг благополучия персонала. Внедрение этих двух шагов может занимать он полугодя до года, в зависимости от наличия в компании наработок в сфере well-being.

Реализация программы и оценка её эффективности являются завершающими штрихами на пути построения системы благополучия. Стоит отметить, что, начиная, с этапа аудита коллеги собирают обратную связь по проекту, чтобы максимально оперативно корректировать недочеты и выстраивать грамотные процессы.

Таким образом, процесс внедрения собственной well-being платформы не только сэкономит часть средств бюджета, но и обеспечит перспективное развитие компании и ее конкурентных преимуществ за счет долгосрочных изменений. Изучение уровня благополучия сотрудников позволит своевременно выявить проблемы и зоны риска компании, степень вовлеченности и лояльности работников. Поможет снизить текучесть кадров, улучшить HR-бренд компании и усилить его конкурентоспособность.

Список используемых источников:

1. Семина А.П. Формирование и внедрение программы благополучия в компании для повышения эффективности деятельности команд // XLVIII международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения». — М.: Перо, 2022. — С. 632.
2. Семина А.П. Исследование влияния концепции wellbeing на эффективность удаленной команды // Московский экономический журнал. — 2022. — №2
3. Казанцева А.А. Исследование влияния дистанционного формата обучения на образ жизни обучающихся высших учебных заведений // III Национальная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы управления персоналом». — Серпухов: ООО «Эдельвейс», 2021. — С. 115-120.

## **Информационная система для управления и контроля сотрудников аэродрома**

Каплюхин А.Д.

Научный руководитель — Смирнова Г.С.

КНИТУ-КАИ, Казань

В малых аэропортах остро стоит проблема отсутствия новейших систем отслеживания работы персонала и обеспечения безопасности. Наличие информационной системы по управлению и контролю сотрудников позволит полностью автоматизировать взаимодействие всех сотрудников в режиме реального времени и улучшит систему безопасности в авиационной отрасли. Вследствие этого, вероятность совершения ошибок в работе сотрудников будет практически исключена.

Правильность выполнения всех действий в соответствии с инструкцией напрямую влияет на безопасность работы в отрасли. Любая ошибка, в том числе и по

невнимательности, может привести к трагедии. Надёжным инструментом для предупреждения и предотвращения подобных ситуаций может стать предлагаемая информационная система (ИС) для управления и контроля работы персонала в авиационной отрасли.

Данная система может охватывать работу всех зон аэропорта. Взаимодействие персонала с информационной системой будет осуществляться через рабочее устройство: стационарный компьютер, планшет или телефон, в зависимости от типа работы.

Первое направление работы ИС — управление персоналом. Каждый сотрудник, приходя на рабочее место, будет получать свой список задач, необходимых для выполнения. Список может иметь как постоянный характер, так и изменяться в режиме реального времени. Постановкой задач и определением сроков их выполнения должно заниматься вышестоящее руководство, которое также будет являться активным пользователем системы. ИС дает возможность классифицировать задачи по времени выполнения и степени важности, указывая тем самым на их приоритет. В процессе выполнения работы сотрудник должен отмечать все свои действия, что позволит руководителю отслеживать прогресс исполнения.

По полученным данным система создает отчет, в котором можно наблюдать статистику работы каждого работника. В свою очередь, вышестоящее руководство может использовать данные о работе для решения различных проблем, принятия решений в штатных или экстренных ситуациях.

Второе направление работы ИС — контроль безопасности. При регистрационной проверке личности пассажиров и их багажа будет формироваться отчет, по результатам которого система будет сразу выдавать либо команду разрешения на посадку, либо требование более детального досмотра пассажира с возможностью отстранения его от рейса.

Для упрощения процедуры осмотра самолета перед вылетом бортпроводник будет использовать сформированный ИС список всех пунктов предполетного осмотра. В случае несоблюдения одного или более пунктов, система не даст команду на посадку пассажиров в самолет и вылет. Таким образом, система позволяет свести до минимума человеческий фактор.

Разработанная информационная система позволит малым аэропортам решить сразу несколько проблем, среди которых: постоянное взаимодействие руководителя и исполнителей; отслеживание работы персонала в режиме реального времени; устранение человеческого фактора и снижение нагрузки на всех работников; отсутствие потребности в использовании зарубежных систем безопасности и контроля.

## **Особенности системы мотивации персонала на промышленном предприятии (на примере ОАО «Тверской вагоностроительный завод»)**

Карапетян Е.А.

Научный руководитель — Денисов А.М.

РТУ МИРЭА, Москва

Свой путь Тверской вагоностроительный завод начал еще 110 лет назад. 25 августа 1898 года, в Твери было создано «Верхневолжское предприятие железнодорожных материалов», одно предприятие, производящее продукцию для железных дорог: начиная от платформ вплоть до пассажирских вагонов высокого класса. В настоящее время «Тверской вагоностроительный завод» (ТВЗ) — общепризнанный брэнд, значимая составная часть благополучия страны [2, с.15]. Главной идеей работы «ТВЗ» считается: разрешение различных вопросов в сфере вагоностроения, включая все этапы: от идеи до выпуска продукции. Технические службы «ТВЗ» постоянно в процессе поиска наиболее удачных решений формирования, а также улучшения системы вагона.

В основании эффективности работы промышленного предприятия находится рациональная организация управления. Главным источником, а также запасом производимых на предприятии преобразований считаются человеческие ресурсы [4, с.123]. По этой причине их эффективное использование в организации — основная цель в работе

каждого руководителя. Главное место в этом подходе отведено системе управления персоналом и одному из основных элементов—мотивации [3,с.145].

Устройство стимулирования обязано быть адекватно механизму мотивации сотрудника для того, чтобы получить от него высочайшую степень удовлетворения от производимой работы, так как удовлетворенность трудом является некоторым фактором мотивации для сотрудника [5,с.187]. Поэтому можно говорить о том, что не менее большое значение нужно уделить и нематериальному стимулированию работников.

Невозможно не обозначить, что на предприятии особое место отводится процессу развития персонала — это основа в системе мотивации ОАО «Тверской вагоностроительный завод». С 2022 года отдельное место уделяется мотивации резервистов. В январе 2022 года на ТВЗ вышло Положение о программе мотивации членов кадрового резерва. Программа охватывает около 200 служащих завода. Как раз столько человек в реальное время числятся в кадровом резерве. Предприятие ведет функциональную работу по привлечению работников в кадровый запас.

На предприятии есть 2 перечня резервистов. В первый список, например именуемый главным составом, входят 30 кандидатур на замещение топ-менеджеров или же тех руководителей, которые прямо подчиняются генеральному директору. Второй же состав в 5 раз больше. Это активный кадровый запас работников, которые имеют все шансы претендовать на замену руководителей уровнем ниже.

Любой из резервистов содержит индивидуальный план перспектив развития, выполнение которого находится на контроле на уровне завода. Кроме указанного контроля, на заводе обновлены инструменты для мотивации работников. Однако материальная мотивация не ставится в главную роль. Основной целью для резервиста считается успешное продвижение по карьерной лестнице. И ресурсы для подъема работник получает за счет организации.

На нынешний день на ТВЗ есть не один образец ситуации успеха, когда резервист получил высокую должность. Одним из них считается директор по управлению персоналом Владимир Тарасов, который находясь в статусе члена кадрового резерва, трудился начальником отдела оплаты труда. Его назначение в Тверь связано как раз с тем самым целевым местом.

Система мотивации персонала, которая существует на ОАО «Тверской вагоностроительный завод», присуща практически всем большим промышленным предприятиям с историей, где работники трудятся довольно долго [1,с.101]. У сотрудников руководства уже сформированы определённые стандарты и налажен климат в коллективе, которые очень сложно поменять.

Для наращивания роста производительности труда на предприятии нужно применять и материальное, и нематериальное стимулирование по некоторым направлениям:

- Рост объема неизменной части заработной платы работников увеличивает лояльность сотрудников и рост уверенности к предприятию в перспективе;
- Совершенствование системы добавочных бонусных и премиальных выплат;
- Образование целостности коллектива предприятия, проведение мероприятий по укреплению командного духа
- Привлечение членов руководства к процессу оценки персонала, создание комиссий для независимого анализа и т.п.

Список используемых источников:

1. Андреева П. Д. Стратегические пути развития кадровой политики в условиях модернизации и совершенствования промышленной отрасли // Социальные аспекты здоровья населения. 2015. № 1. 145 с.
2. Гребенцов П. А. Особенности мотивации труда персонала промышленных предприятий // Молодой ученый. 2018. № 7. 150 с.
3. Кибанов А. Я. Управление персоналом организации. Практикум: учеб. пос. М.: КНОРУС, 2018. 202 с.

4. Спиридонова К. А. Взаимосвязь производительности труда и фонда заработной платы // Молодой ученый. 2015. Л 11. 120 с.

5. Степанова С. М., Мальцева Е. С., Родермель Т. А. О некоторых аспектах создания мотивационного механизма в трудовой деятельности // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (2). 208 с.

### **Формирование творческой составляющей при подготовке специалистов авиационной промышленности в образовательной среде вуза**

Костина Д.А., Зеленев М.О.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Воронина Н.Ф.

МАИ, Москва

На современном этапе развития авиационной промышленности существует потребность в специалистах, которые способны мыслить креативно и конструктивно. В стратегических документах развития РФ одним из вызовов указана необходимость формирования кадров для высокотехнологичных отраслей промышленности, обладающих способностью к инновационной деятельности, развивать и продвигать свои идеи и новшества. Становление и закрепление созидательных основ у специалиста происходит в Вузе, в процессе реализации творческого потенциала в образовательном процессе. Для реализации процесса необходимо наличие лидеров, мотивирующих на творческую деятельность, обладающих знаниями и умениями, а также запланированных мероприятий в учебной и внеучебной деятельности. [1]

В настоящее время учебные образовательные программы в техническом Вузе включают в себя цели, направленные на формирование необходимых профессиональных компетенций у обучающихся, и слабо учитывают необходимость развития и реализации творческого потенциала студентов в процессе их подготовки. Отсутствие включенности мероприятий, связанных с творчеством, как обязательных в образовательной деятельности приводит к тому, что творческие мероприятия проводятся в основном во внеучебной и аудиторной активности на основе инициатив педагогов — энтузиастов. [3]

Актуальность проблемы исследования — развития творческого потенциала студентов технического вуза обусловлено потребностью общества в специалистах, которые обладают творческим потенциалом и недостаточной теоретической и практической разработанностью проблемы развития творческого потенциала студентов. [2]

Цель исследования заключается в обосновании необходимости развития творческого потенциала студентов. Исследование проведено на основе опроса студентов филиала «Стрела» МАИ.

Данный опрос показал, что студенты 1-2 курсов:

• Более гибкие и положительно реагируют на внеучебные мероприятия, которые создаются для развития творческого потенциала студентов;

- Они желают развиваться и участвовать в научных конференциях;
- Свое свободное время они тратят на общение с друзьями и просмотр телевизора;
- Большинству студентов не хватает времени на занятие интересным, творческим делом;
- Почти все студенты подтверждают престижность обучения в данном институте;
- У большинства студентов желание развивать свои творческие способности.

Также, в данном опросе были выявлены результаты студентов 3-5 курсов:

- Большинство уже отказывается участвовать в чем-либо;
- Большинство тратит свое свободное время на подработку;
- Большинству студентов не хватает времени на творческие мероприятия, занятия спортом и др.;

• У студентов снижается желание развивать свои творческие способности.

Вовлеченность студентов к творческой деятельности нужно реализовывать с первого курса. У первокурсников еще нет четкой цели, они пытаются найти себя, поэтому вузы должны предоставлять студентам возможность принимать участие в мероприятиях, направленных на создание творческого потенциала. Основное формирование и развитие

творческого потенциала студентов осуществляется через дисциплины гуманитарного блока и внеучебные мероприятия.

Список используемых источников:

1. Творческий потенциал. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7296490/>
2. Педагогические условия развития творческого потенциала студентов технического вуза [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/pedagogicheskie-usloviya-razvitiya-tvorcheskogo-potentsiala-studentov-tekhnicheskogo-vuza-v->
3. Воронина Н.Ф. Важность оценки человеческого потенциала в устойчивом развитии общества. // Вестник Института Дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством) №3 (51), 2019. С.119-122

### **Особенности социально-психологической адаптации космонавтов как фактор, обеспечивающий безопасность пребывания на Международной космической станции**

Кульбаба А.Ю.

Научный руководитель — Денисов А.М.

РТУ МИРЭА, Москва

Для взаимодействия всех элементов в космическом пространстве в мире существуют Центры управления полётами, в которых происходит самое основное — оперативное управление космическими аппаратами, сбор, обработка, хранение и документирование информации об их функционировании, а также для обеспечения работы не только персонала управления, но и космонавтов. Всего на планете существует пять основных ЦУПов, два из которых расположены в Америке, и по одному в России, Японии и Европе.

В каждом ЦУПе работает большое количество персонала, каждый из них отвечает за своё направление — кто-то следит за состоянием МКС, другие поддерживают связь с космонавтами. Группа планирования, например, расписывает каждую минуту пребывания на космической станции для каждого члена экипажа. Это очень сложная и интересная система взаимодействия, которая должна работать как часы, чтобы поддерживать все составляющие в норме для безопасности полёта.

Самое важное в космосе это безопасность, как самой Международной космической станции, так и космонавтов и астронавтов. Каждую секунду происходит постоянный мониторинг всего оборудования станции и, конечно же, самой орбиты; также члены экипажа всегда находятся на связи с Землёй. Если на орбите находится космический мусор, с Земли производятся точные расчёты, назначаются безопасные коридоры и производится манёвр с целью избежания столкновения, всё это происходит очень быстро по отработанной схеме.

Важна не только физическая безопасность, но и социально-психологическая. Каждый космонавт проходит очень серьёзную подготовку, перед своим первым полётом. Для кого-то это шесть лет, а кто-то ждёт своего часа целых двенадцать лет. Ещё до полёта проходит жёсткий отбор космонавтов психологами, проводятся различные психологические подготовки, космонавтов погружают в критические ситуации. Каждые три месяца во время проведения медицинских анализов присутствуют психологи, которые также проводят тесты, наблюдают и анализируют состояние экипажа. Конечно же и адаптация экипажа происходит таким образом, чтобы не произошло конфликтов между космонавтами. Во время полёта психологи также наблюдают и анализируют состояние каждого космонавта, отслеживают настроение, усталость и многое другое. Всё это происходит для того, чтобы обеспечить безопасность пребывания на МКС. Для обеспечения социально-психологической адаптации в первые дни пребывания на МКС психологи, как и все работники ЦУПа тщательно следят за эмоциональным состоянием космонавтов. Для космонавтов устраивают видеоконференции, на которых они общаются с семьёй, а для поддержания своего настроения у них есть свободное время, в которое они могут собраться все вместе и

посмотреть фильмы, пообщаться, почитать или послушать музыку. Это позволяет удерживать социально-психологическое равновесие.

В случае напряжения между членами экипажа группа планирования может развести космонавтов на разные концы станции, ведь ее размеры настолько большие, что иногда космонавты могут несколько дней не видеть друг друга.

На МКС прибывают космонавты разных культур, религий и психотипов, которые должны без проблем коммуницировать между собой. Всё это заслуга психологов, которые долгое время выработывали необходимые концепции для создания благоприятной обстановки внутри экипажа. За время пребывания людей в космосе на МКС сформировалась своя космическая культура. И сложились традиции — толерантность, уважение и желание помочь партнерам в трудной ситуации. Совместное преодоление сложных условий и выполнения значимых работ сближает экипаж. На борту царит исключительно уважительное отношение между членами экипажа, какой бы нации они не были. Космонавты поздравляют друг друга с днём рождения, дарят что-то сделанное своими руками на станции. Эти тёплые доверительные отношения формируются во время совместных тренировок на выживание, совместных семейных праздников.

После полёта психологи также помогают адаптироваться экипажу, погружают его в свою привычную атмосферу. Во время послеполётной реабилитации с космонавтом всегда находится его семья, близкие и родные люди, что не может не помочь быстрее прийти в норму.

Таким образом, можно сделать вывод, что социально-психологическая адаптация космонавтов, пребывающих на Международной космической станции и осуществляемая силами психологов и в ходе длительной подготовки к полёту и по мере пребывания на МКС является фактором безопасности и, одновременно, способствует преодолению различных трудностей, возникающих у людей при нахождении в безвоздушном пространстве необъятного космоса.

## **Разработка рекомендаций по дополнению учебной программы в соответствии с требованиями авиационной отрасли**

Лосев Д.А., Фридман В.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

Московский Авиационный институт (МАИ) является основной кузницей кадров для авиационной отрасли в Российской Федерации. Стоит отметить, что МАИ обучает студентов не только для отечественного рынка труда, но также и для других стран, развивающих культуру воздухоплавания. Множество зарубежных контрактов и программ обмена, а также необходимость развивать отечественный сегмент отрасли, особенно в условиях технологической изоляции, обязывает МАИ к тому, что выходящие из его дверей молодые инженеры должны соответствовать всем актуальным мировым требованиям, предъявляемым к специалистам данной отрасли.

Исходя из запроса на актуальное и современное образование, было принято решение проанализировать рынок труда, для формирования списка основных требований, предъявляемых к кандидатам на трудоустройство по специальностям 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника» предприятиями авиационного комплекса. В результате аналитики были получены и структурированы основные направления, в которых будущие специалисты должны быть компетентны. На основе данного исследования сформированы рекомендации по дополнению учебных планов, которые позволят повысить конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

Основным направлением дополнения учебной программы является цифровизация конструкторской деятельности и объединение всего процесса разработки изделия в пределах одной экосистемы предприятия. В связи с чем, молодой специалист, приходящий в конструкторское бюро, должен знать не только проектирование и механику летательных

аппаратов, но также и уметь взаимодействовать с PLM-системами и уверенно пользоваться системами автоматического проектирования. Также предлагается во второй половине образовательного процесса развить опыт групповой работы, что также позволит студентам быстрее влиться в процесс командной работы на предприятии.

Авиастроение является одной из самых высокотехнологичных и быстроразвивающихся областей науки. В ней постоянно диктуются новые требования к кандидатам, а знания быстро устаревают. Только поддерживая постоянный контакт с работодателями и понимая их запросы, можно получить по-настоящему высокий уровень качества образования и выпускать востребованных и разбирающихся в своем деле специалистов.

Список используемых источников:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 24.02.01 Производство летательных аппаратов (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 21 апреля 2014 г. N 362)
2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 24.02.02 Производство авиационных двигателей (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 21 апреля 2014 г. N 363)

## **Место и роль учебного пособия по «КРО» на материале текстов о Ю.А.Гагарине в обучении и воспитании студентов высших учебных заведений России**

Мартыненко Е.Д.

Научный руководитель — Гойкочева М.Л.

МАИ, Москва

Работа посвящена анализу места и роли учебного пособия по «Культуре речевого общения» в обучении и воспитании студентов высших учебных заведений России. Особенность пособия в том, что оно создано на испанском языке по материалам текстов о Ю.Гагарине.

Юрий Алексеевич Гагарин — крупнейший деятель космонавтики и пионер освоения Вселенной. Хотя его путь космонавта начался неожиданно, с внезапной любви к физике в школе, он продолжал идти к своей мечте, даже несмотря на то, что в техникуме он обучался несколько другой профессии — «формовщик литейного цеха». За семь лет непрерывной учебы Ю. Гагарин получил четыре свидетельства об окончании учебных заведений. Усидчивость и трудолюбие, воля и настойчивость: именно эти качества стали ключевыми чертами его характера. Своим неустанным трудом Ю. Гагарин осуществил поставленные цели и подготовил себя к профессии космонавта. Центрифуга, сурдокамера, барокамера, термокамера, полеты на самолетах, прыжки с парашютом, ежедневные теоретические занятия, изучение сложной аппаратуры и устройства корабля — все это прошел он прежде, чем занять место в кабине космического корабля «Восток-1».

В учебном пособии по «КРО» особое внимание уделяется не только пути становления космонавта, но и пути становления личности, начиная с трудного детства Ю. Гагарина; тому, каким он был человеком и какой мечтой он жил. Учебное пособие по испанскому языку помогает понять нынешним студентам, что несмотря ни на какие трудности, которые переживал сам будущий первый космонавт, человек может добиваться больших высот.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью включать в преподавательскую работу воспитательную составляющую в виду того, что студентам необходимо знать героические страницы отечественной истории; знать выдающиеся личности и подвиг соотечественников. Именно эту задачу решает учебное пособие по «КРО» по испанскому языку.

Успехи, которых достиг Ю. Гагарин при жизни, действительно являются примером не только для студентов, а, пожалуй, для каждого человека. Именно поэтому каждый студент, изучивший пособие, найдет для себя множество полезной информации и сполна ощутит

душевный порыв, поскольку именно Ю. Гагарин на своем примере доказал, что любые проблемы преодолимы, а мечты — осуществимы. Его девиз — «Самая большая сила человека — это сила духа» — отчетливо доказывает сильный характер и целеустремленность. Таким образом, на примере Юрия Алексеевича воспитывается молодое поколение; благодаря его истории вырабатывается стремление к цели и достижению результата.

Автор пособия, Лоренсо-Бенхамин Моралес Гойкочеа, считает Ю. Гагарина своим первым героем и первым вдохновителем. Он узнал о нем в совсем юном возрасте, с 4 лет, и с тех пор он продолжает думать о космосе, думать о том, как однажды храбрый русский человек по имени Юрий Гагарин, преодолевая страх перед неизвестностью, решился отправиться в космос и познать тайну нашей Вселенной, не взирая на трудные годы после Второй Мировой войны.

Пособие, разработанное преподавателем М.Л.Б. Гойкочеа, помимо лингвистических задач, решает воспитательную задачу путем раскрытия лучших качеств человека, его возможностей и потенциала, которыми обладал выдающийся Первый космонавт. Все содержание пособия нацелено на формирование у студентов представления о том, какое значение имеет подвиг в жизни людей.

Вывод: Знание истории жизни и подвига первого российского космонавта Юрия Гагарина — необходимо для студентов высших учебных заведений. На основе биографических текстов аэрокосмической тематики происходит углубление знаний по испанскому языку: новой лексике, грамматическим формам, синтаксическим конструкциям и др., а также совершенствуются навыки испаноязычной коммуникации студентов. Именно в этом заключается актуальность и важное значение данного пособия. Каждый урок снабжен иллюстрациями, способными заинтересовать студентов в его изучении.

Список используемых источников:

1. Дмитриев А.Л. Утро космической эры. К 60-летию космического полета Юрия Гагарина. Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 3-4 (25-26). С. 156-163.
2. Железняков А.Б. Человек в космосе. К 60-летию полёта Юрия Гагарина. Инновации. 2021. № 1 (267). С. 3-6.
3. Кирюшкина В.В., Лобачева Г.В. Юрий Алексеевич Гагарин в исторической памяти. Вестник Саратовского государственного технического университета. 2021. № 1 (88). С. 8-16.
4. Охочинский М.Н. К 60-летию космического полета Юрия Алексеевича Гагарина. Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. 2021. № 2. С. 14-24.

## **Использование возможностей HR-аналитики для задач управления персоналом на промышленных предприятиях**

Мартынишин И.Е.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.  
МАИ, Москва

На сегодняшний день на промышленных предприятиях России особенно остро стоит проблема эффективности кадрового управления. Отличительной чертой настоящего времени является тот факт, что человеческие ресурсы стали самым важным активом организации, определяющим как степень коммерческого успеха, так и стратегической устойчивости, в том числе и во время глобальных кризисов. Именно от сотрудников авиационных предприятий зависит успех как отдельной организации, так и отраслевой промышленности в целом.

Наиболее существенное влияние на бизнес-процессы предприятия оказывают принятые руководителями управленческие решения. Однако последние зачастую в значительной степени обусловлены и основаны на профессиональных интуиции, а не на анализе данных, свидетельствующих о реальном состоянии протекающих процессах на предприятии на всех уровнях [1]. Использование HR-метрик в системе управления персоналом позволит не

только измерить конкретные HR процессы предприятия, оценить их динамику, но и сопоставить полученные результаты с предыдущими периодами. Такой анализ позволит выявить нежелательный рост или сокращение того или иного показателя, а также определить слабые и сильные стороны каждого HR-подразделения на предприятии. Качественно проведенный HR-анализ способен выявлять проблемные места бизнес-процессов, на различных уровнях управления. В дальнейшем это позволит разработать программы, направленные на совершенствования HR- процессов на предприятиях авиационной промышленности, что позволит снизить рисковую составляющую. В перспективе данные мероприятия повысят инвестиционную привлекательность организации, что, в свою очередь, окажет позитивное влияние и на текучесть кадров [2].

Внедрение HR-аналитики в систему управления персоналом предприятий авиационной промышленности поможет улучшить качество прогнозов, определить наиболее оптимальные и ресурсоемкие модели, минимизируя большую часть управленческих ошибок при принятии кадровых решений. Данные факторы обладают высокой значимостью для таких высокотехнологичных отраслей промышленности, как авиационная и аэрокосмическая. Также стоит отметить, что HR-аналитика может быть использована специалистами как в области управления персоналом, так и в области современных информационных технологий, используемых для анализа и обоснования принимаемых решений в сфере работы с кадрами на предприятиях. Это говорит об универсальном характере данной технологии, благодаря чему достигается синергетический эффект.

HR-аналитика является неотъемлемой частью более глобальной системы в рамках организации — системы управления данными. Низкоуровневый анализ данных можно провести с помощью базового программного обеспечения, например, Excel. При важно учитывать тот факт, что необходимо грамотно структурировать входящую информацию, потому как большая часть времени у аналитиков уходит именно на эту задачу. Для обеспечения качественной более глубокой аналитики больших данных необходимо использовать специальные инструменты — языки программирования, такие как «Python» и «R». Глубокий статистический анализ данных способен обнаруживать скрытые закономерности. Несмотря на то, что существующие информационные технологии HR-анализа являются эффективными методами, HR-менеджерам следует уделять большое внимание проблеме окупаемости данного инструмента. Применение на предприятиях авиационной и аэрокосмической отрасли промышленности HR-аналитики не должно приводить к резкому возрастанию затрат на обеспечение HR департамента. Грамотное использование этого инструмента способно выдать положительный бизнес-результат как для отдельных предприятий, так и для всей авиационной отрасли в целом [3].

В заключении можно отметить, что постепенное внедрение HR-аналитики в систему управления персоналом организации поможет определить наиболее успешные модели, тем самым минимизируя большую часть управленческих ошибок руководства предприятий при принятии как стратегических, так и операционных решений. Использование возможностей HR-анализа способно повысить качество управления HR-процессами на авиационных промышленных предприятиях.

Список используемых источников:

1. Тихонов А.И., Федотова М.А., Чекан А.А. Проблемы и особенности автоматизации подбора персонала // Московский экономический журнал. 2019. № 10. С. 29.
2. Тихонов А.И., Михайлов А.А., Федотова М.А. Управление человеческими ресурсами: организационные и социально-экономические механизмы управления трудом работников предприятий аэрокосмической отрасли / Ставрополь, ЛОГОС. 2019.
3. Краев В.М., Тихонов А.И. Управленческое консультирование на предприятиях аэрокосмической промышленности. Учебно-методическое пособие / Ставрополь, ЛОГОС. 2017.

## **Построение системы кадровой безопасности в организациях аэрокосмической отрасли**

Митрофанова Е.О.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Михайлов А.А.

МАИ, Москва

Развитие аэрокосмической отрасли является одним из значимых направлений государственной политики Российской Федерации. Сегодня, в условиях крайне напряженной обстановки в мире, эта позиция полностью оправдана и позволяет России стать более автономной в авиационной и ракетно-космической сфере.

Важнейшим аспектом в деятельности любого, особенно высокотехнологичного предприятия является кадровая безопасность. Большинство преступлений в компаниях совершается собственными сотрудниками. Никто так не способен нанести ущерб организации, как сотрудник, имеющий доступ почти ко всем средствам и секретам компании.

Кадровая безопасность — это процесс снижения и, в конечном итоге, устранения негативных воздействий (внешних и внутренних) на организационную безопасность путем минимизации угроз для человеческих ресурсов и трудовых отношений в организации. Кадровая безопасность определяется тремя факторами:

1. Прием на работу. Включает в себя перечень мер безопасности при найме работников в организацию. Менеджеры также должны сформулировать меры безопасности. Процедура найма можно разделить на следующие этапы: поиск специалистов, отбор претендентов и подготовка документации на работника. Руководители также несут ответственность за продолжительность испытательного срока и адаптацию работника к новому месту работы.

2. Лояльность. Это комплекс мер, направленных на создание благоприятного отношения сотрудников к организации и ее руководителям. Лояльные и мотивированные сотрудники более вовлечены в работу и относятся к ней более серьезно.

3. Контроль. Это комплекс мер управления: создание регламентов, ограничений и правил; проверка их исполнения; создание систем объективной оценки. Меры контроля необходимы для устранения потенциальных опасностей. Обычно это входит в обязанности служб безопасности.

Учет вышеперечисленных факторов кадровой безопасности на предприятиях аэрокосмической отрасли позволяет предотвратить возможность несанкционированного доступа к конфиденциальной информации.

Приоритетной целью построения системы кадровой безопасности является формирование высококвалифицированного и мотивированного персонала, способного повысить конкурентоспособность и укрепить лидирующие позиции организаций аэрокосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Краев В.М., Тихонов А.И. Противодействие обману в кадровой работе: учебно-методическое пособие. — Ставрополь : Логос, 2017. — 29 с.

2. Управление персоналом на предприятиях авиационной промышленности: монография / А. И. Тихонов, А. А. Михайлов, М. А. Федотова. — Москва: Знание-М, 2021. — 179 с.

## **Улучшение аналитических возможностей HR-подразделения**

Назаренко А.Б., Кербер Л.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

В настоящее время можно наблюдать трансформацию роли HR-функции, когда нематериальные активы приобретают все большее значение как факторы, определяющие эффективность работы фирмы. Сегодня HR-специалисты должны быть не только эффективными менеджерами по персоналу, но и эффективными стратегическими

менеджерами. Необходимо выстраивать такую систему управления персоналом, при которой стратегические цели подразделений соотносятся с общей стратегией организации. Это же относится и к показателям стратегической эффективности отдела кадров, что означает необходимость использования новых метрик оценки эффективности и способов их определения. Традиционные показатели эффективности, как стоимость найма сотрудника, длительность цикла подбора сотрудника, затраты на обучение и текучесть кадров, в современных реалиях, редко соответствуют бизнес-требованиям.

Руководителям HR-подразделений необходимо действовать в соответствии с принципами, в совокупности называющихся аналитической грамотностью. Это полностью соотносится с современными тенденциями развития деловой среды. Развитие технологий позволяет организациям более дешево и легко собирать данные. Ключевые организационные решения требуют гораздо большего объема данных, чем в прошлом, усиливается роль нематериальных активов, в том числе человеческого капитала, которые определяют результаты деятельности организации через сложную систему взаимосвязей. Возрастает значимость данных и сложность их анализа в деятельности таких структурных подразделений организации, как, например, финансы и маркетинг. От HR-специалистов требуется понимание соответствующих процессов и терминологии. Метрики эффективности и их анализ предоставляют ответы на вопросы, а аналитическая грамотность позволяет HR-специалистам использовать их при выполнении стоящих перед ними стратегических целей.

Выделяют три основных принципа аналитической грамотности:

1. Главенство бизнес-логики. Определение метрик оценки эффективности — это процесс сверху вниз, а не снизу вверх. Необходимо выяснить, что необходимо для достижения стоящих стратегических целей, а затем определять HR-метрики в соответствии с ними.

2. Мышление в терминах причинно-следственных связей. Человеческий капитал редко оказывает прямое влияние на результаты деятельности фирмы.

3. Необходимость новых методов анализа. В целом, аналитическая грамотность предполагает понимание того, что многие кадровые решения, которые могут быть предложены для реализации стратегии фирмы, являются всего лишь гипотезами. Они являются наилучшим предположением того, что будет способствовать достижению поставленных целей, но они не гарантированно сработают. Результаты подобных решений необходимо рассматривать и анализировать для выявления их эффективности.

Оценка эффективности HR-программ основывается на взаимосвязи между человеческим капиталом и стратегическими показателями эффективности организации. Стратегические показатели в области управления персоналом и человеческого капитала требуют новых показателей эффективности, которые будут уникальными в соответствии со стратегическими целями отдельных организаций. Для определения этих показателей эффективности необходимо развивать аналитическую грамотность HR-подразделений и действовать в соответствии с вышеизложенными принципами.

Список используемых источников:

1. Кербер Л.С., Тихонов А.И. Применение показателя ROI при оценке эффективности корпоративных HR-программ. Московский экономический журнал. 2022. № 12.

2. Назаренко А.Б. Оптимизация затрат на HR-маркетинг // XLVII Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения». — М.: Перо, 2021. — С. 1233-123

## **Подбор персонала аэрокосмических предприятий с использованием цифровых инструментов**

Пронина В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

В связи с Четвертой промышленной революцией технологические приоритеты многих компаний изменились.

Цифровизация постепенно вторглась во все сферы организационной деятельности и стала естественной эволюцией. Это не могло не затронуть и предприятия аэрокосмического кластера.

Сегодня трудно вести эффективную деятельность без автоматизации HR-процессов.

Внедрение в HR процессы ряд IT-технологий решает широкий спектр проблем и имеет множество преимуществ. Прежде всего, это избавляет от рутинных задач. HR-специалисты могут сосредоточиться на общении между сотрудниками, абстрактной мотивации и создании приятного корпоративного климата, а также на решении важных задач, требующих творческого подхода.

Во-вторых, это способствует созданию прогрессивного анализа людей. Автоматический сбор данных о персонале позволяет быстро анализировать процессы (например, увольнения за определенный период), выявлять слабые места и принимать быстрые и рациональные решения. В-третьих, это меняет подход к обучению в компаниях. И, наконец, делает более простыми и прозрачными подходы к подбору персонала.

Подбор персонала — это важная функция управления человеческими ресурсами, которая относится к процессу поиска, привлечения, отбора и найма подходящих кандидатов для организации.

Для аэрокосмической промышленности, где создаются уникальные технологические системы, применяются передовые научные разработки и внедряются инновационные технологии, готовность рабочей силы особенно важна, поэтому и компетенции подбираемого специалистами персонала должны быть на определенном уровне.

Следующие тенденции можно отнести к использованию цифровых технологий в процессе подбора персонала в аэрокосмической отрасли:

1. Использование искусственного интеллекта для облегчения процесса подбора персонала.
2. Использование и интеграция данных сторонних кандидатов из социальных сетей.
3. История технологий в рекрутинге — от перфоратора до искусственного интеллекта в облаке.
4. Безличное распределение набора персонала.
5. Использование больших данных и HR-аналитики для управления процессом подбора персонала.
6. Ускоренный процесс найма.

Как результат, менеджер по подбору персонала сможет использовать любые из предоставленных рекрутинговых платформ для поиска и подбора наиболее «удачных» кандидатов на открытые должности. А возможность изучения неформальных анкет в различных социальных сетях кандидата, поможет уберечь предприятие от незапланированных кадровых рисков.

Список используемых источников:

1. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами: пер. с англ. 8-е изд. СПб.: Питер, 2004. С. 341.
2. Пронина В.А., Тихонов А.И. Управление персоналом высокотехнологичных предприятий в условиях цифровой экономики. Московский экономический журнал. 2022. т. 7. № 7.

## **Аттестация персонала как способ мотивации трудовой деятельности**

Прохоренкова А.С.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Михайлов А.А.

МАИ, Москва

Аттестация персонала представляет собой формализованную комплексную оценку соответствия уровня труда и личностно-профессиональных качеств работника требованиям выполняемых им должностных обязанностей.

Периодическая аттестация, которая не зависит от профессии и особенности деятельности организации, бывает двух видов:

1. На соответствие занимаемой должности. Данный вид аттестации необходим для подтверждения, что профессиональный уровень сотрудника соответствует выполняемой им работе. Это обязательная процедура.

2. На присвоение квалификационной категории. В данном случае аттестация является добровольной и проводится по инициативе работника.

С целью проведения аттестации создается квалификационная комиссия, которая представляет собой коллегиальный орган, сформированный работодателем для оценки профессиональных знаний сотрудника, приобретенных в процессе трудовой деятельности или в процессе обучения (переподготовки, повышения квалификации).

Аттестация персонала выполняет очевидную мотивационную функцию. Так, в частности, аттестация на соответствие занимаемой должности может повлечь за собой должное вознаграждение. Также сам факт предстоящей оценки может стимулировать персонал к качественному выполнению своих должностных обязанностей. Аттестация на присвоение квалификационной категории может способствовать повышению профессионального статуса работника, что, в свою очередь, приводит к повышению оплаты его труда. Большинство знают о повышении квалификационных категорий работникам определенных профессий, таким как: педагогам, медикам и чиновникам государственных структур. Руководители предприятий аэрокосмической отрасли также проводят аттестацию работников с целью присвоения по ее итогам более высокой квалификации.

Таким образом, аттестация персонала представляет из себя один из эффективных способов мотивации трудовой деятельности.

Список используемых источников:

1. Тихонов А.И., Михайлов А.А., Федотова М.А. Управление человеческими ресурсами: организационные и социально-экономические механизмы управления трудом работников предприятий аэрокосмической отрасли: учебное пособие. — Ставрополь: Логос, 2019. — 105 с.

2. Тихонов А.И., Воронцова Ю.В., Михайлов А.А., Федотова М.А. Экономика труда на предприятиях авиационной и ракетно-космической промышленности: учебное пособие. — Ставрополь: Логос, 2019. — 135 с.

## **Особенности подготовки и повышения квалификации персонала в области производства радиоэлектроники для космической сферы (на примере АО «Ярославский радиозавод»)**

Раджабов Р.С.

Научный руководитель — Денисов А.М.  
РТУ МИРЭА, Москва

На данный момент АО «Ярославский радиозавод» является ведущим российским производителем профессиональных средств радиосвязи. Это высокотехнологическая площадка, что гарантирует полный промышленный курс изготовления продукции от заготовительных операций до монтажа, регулировки и проведения разнообразных видов испытаний.

АО «Ярославский радиозавод», входящее в холдинг «Российские космические системы» Госкорпорации «Роскосмос» производит аппаратуру для космических спутников начиная с 1970-х годов, но в последнее время потребовалась более тесная интеграция в космическую индустрию в связи с введением западных секций против отрасли и поэтому является одним из основных элементов, базовым заводом космического приборостроения, разрабатывающим и выпускающим полупроводниковую микроэлектронику.

Сотрудничество высокотехнологического производства, среднего профессионального и высшего образования области является одним из элементов реализации национального проекта «Образование» и Концепции развития кадрового потенциала радиоэлектронной промышленности России вплоть до 2030 года.

Формирование ЯРЗ предусматривается в рамках Программы стратегических переустройств организаций космического приборостроения, одобренной наблюдательным советом корпорации в феврале 2021 года. Эта программа демонстрирует технологичный и производственный вид одной из важнейших образующих ракетно-космической сферы

страны и предусматривает углубление интегрированной структуры космических приборостроительных предприятий, вошедших туда 17 компаний, научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и сборочных производств. Получение ЯРЗ это первая такая сделка, когда была создана корпорация.

ЯРЗ станет одним из базовых местных промышленных баз подготовки и повышения квалификации кадров для радиоэлектронной индустрии. Это оговорено в соглашении, подписанное генеральным директором Ярославского радиозавода Сергеем Якушевым и директором Центра опережающей профессиональной подготовки Ярославской области Натальей Костериной 10 ноября 2022 года.

Центр специализированной подготовки, находящийся в Ярославской области и выступающий агрегатором местных образовательных программ и процессов вместе с индустриальными партнёрами, в том числе и ЯРЗ, уже приступил к производству программ изучения и повышения квалификации кадров для профильных организаций региона.

Базовыми образовательными учреждениями станут Ярославский техникум радиоэлектроники и телекоммуникаций и ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технологический университет» (ЯГТУ). Технические возможности для обучения на начальном этапе будут обеспечены за счёт появившихся в колледже новых профильных мастерских и Ресурсного центра, который работает на территории ЯРЗ.

Руководство ЯрРТТ отмечает, что новая программа обучения будет востребована не только заказчиком, но и другими предприятиями области. Это значит, что можно будет рассчитывать на предприятие современных учебных мастерских с современным оборудованием. Исследование государственно-частного партнёрства по обеспечению мастерских для обучения монтажников и регулировщиков в этом году прошло успешно. На данный момент ЯРЗ как индустриальный партнёр оказывает свою помощь в оборудовании новых рабочих мест для студентов необходимой специфической системой вентиляции.

С ЯРЗ уже были обсуждены предварительные планы подготовки и переподготовки кадров до 2028 года по 9 наиболее требуемым специальностям, и это могут быть не только монтажники и регулировщики радиоэлектронной аппаратуры и приборов, а вязальщик жгутов и кабелей.

Ректор ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технологический университет» Елена Степанова заявила, что для ВУЗа основным аспектом является лучшей подготовки будущих специалистов выступает интеграция в практику и они сотрудничают с крупными промышленными партнёрами. ВУЗ на протяжении нескольких лет обучает технический персонал для ЯРЗ, но, обычно, это были инженеры автоматического производства. На сегодняшний день университет осуществляет планы целевого обучения учащихся по нескольким действующим факультетам, среди которых — «Радиотехника» и «Информационные технологии».

Гендиректор ЯРЗ Сергей Якушев заявил, что они будут использовать лабораторный и кадровый потенциал ЯГТУ, и не только в образовательных целях. Есть планы делегирования профессионалам ВУЗа небольших, но ответственных, требующих высокой квалификации задач. Например, исследование и испытания параметров полимерных материалов или лабораторная оценка особенностей паяльных мест. Представители ЯРЗ обладают возможностями добавлять предложения по корректировке учебных программ университета в соответствии с настоящими необходимостями производства.

## **Особенности консалтинговой деятельности в сфере HR**

Радюшкина А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

Первым шагом в любом бизнесе является человеческий капитал, который формирует команду, включая основателя, высшее руководство и сотрудников подразделения или отдела. Многие специалисты в области HR-консалтинга делают ставку на правильный подбор персонала, то есть на «экономико-психологический» портрет потенциальных

сотрудников. Однако часто бывает так, что кажущиеся несовместимыми противоположности в одной команде могут эффективно работать и создавать высокомотивированную команду в рамках процесса интеграции.

HR-консалтинг или кадровый консалтинг — это ряд мероприятий, направленных на улучшение и изучение организационной структуры предприятий, развитие организационной корпоративной культуры и решение имеющихся проблем, связанных с управлением человеческим капиталом. [1].

Систематизация консалтинговых компаний, реализовывающих деятельность основываясь на специализации в области HR делится на три группы [2]:

1. Консалтинговые компании, специализирующиеся на одном из направлений в сфере HR (индивидуальный профиль). Традиционно сюда входят рекрутинговые агентства, специализирующиеся на поиске и подборе персонала.

2. Подразделения, специализирующиеся на HR-проектах в многопрофильных консалтинговых организациях. Такие компании оказывают консалтинговые услуги в различных областях консалтинга: аудит, стратегический консалтинг, юридический консалтинг и др. Представляется возможным условно выделить две классификации:

- Международные аудиторско-консалтинговые компании отраслевой направленности;
- Российские аудиторско-консалтинговые компании, как правило, не имеют отраслевой направленности и предоставляют услуги для всех сфер российской экономики.

3. Консалтинговые организации, которые занимаются только проектами в сфере HR. Следует отметить, что данная группа компаний не имеет отраслевой принадлежности.

Основная задача HR-консалтинга — решать проблемы клиентов в области управления персоналом [3]. Таким образом, с глобальной точки зрения, задача HR-консультантов состоит в том, чтобы определить характеристики конкретной организации, выбрать соответствующие HR-практики для этой организации и применить их на практике. Консалтинговые организации, осуществляющие консультационную деятельность в сфере управления персоналом, опираются на следующие показатели [4]:

- Специализация по отраслям экономики/универсализм;
- Узкая специализация в HR/широкая специализация в HR;
- Независимая консалтинговая организация/филиал консалтинговой организации или холдинговая компания.

Практика работы с HR показывает, что сегодня при выборе консалтинговой компании помимо оптимального соотношения цена/качество/условия работы компании обращают внимание на такие важные качества, как успешный опыт работы в конкретной отрасли и наличие адаптированных технологий, к конкретному сегменту отрасли, управленческие процессы, методы и программы работы с персоналом.

Можно сделать вывод, что в современных условиях рыночной экономики возрастает роль кадрового консалтинга как экономического института, основной задачей которого является квалифицированная помощь в решении кадровых проблем.

Именно поэтому HR-специалисты уделяют так много внимания различным технологиям оценки, а также изучению компетенций успешных сотрудников компании. И все же тот факт, что этап правильного подбора и управления человеческими ресурсами является ключевым для консалтинговой отрасли, бесспорен.

Список используемых источников:

1. Смирнова, Е.А. Управленческий консалтинг. Путеводитель по рынку HR услуг. — М.: Коммерсантъ XXI, 2016. — С. 92-99.

2. Рагулина, Ю.В. Моделирование процессов разработки и принятия управленческого решения//Микроэкономика. 2019. Т. 2. С. 7-11.

3. Тихонов А.И., Михайлов А.А., Федотова М.А. Управление человеческими ресурсами: организационные и социально-экономические механизмы управления трудом работников предприятий аэрокосмической отрасли / Ставрополь, ЛОГОС. 2019.

4. Краев В.М., Тихонов А.И. Управленческое консультирование на предприятиях аэрокосмической промышленности. Учебно-методическое пособие / Ставрополь, ЛОГОС.2017.

## **Влияние организационной психологии на построение эффективных команд**

Семина А.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

Организационная психология изучает методы управления компанией и используется во всех сферах управления персоналом: подбор и отбор, мотивация и стимулирование, обучение и развитие. Психология взаимоотношений играет одну из ключевых ролей в деятельности организации. Ведь от того, насколько хорошо и комфортно персонал чувствует себя в компании, зависит эффективность отдельно взятого сотрудника и компании в целом. Если мы не учитываем личностные аспекты в работе, то сталкиваемся с демотивацией, неудовлетворенностью своей жизнью и работой, межличностными и межгрупповыми конфликтами, что приводит к серьезному снижению производительности труда. Многочисленные исследования в области организационного поведения показывают нам, что хорошее отношение к сотрудникам, верно подобранный подход к управлению, основанный на демократических принципах — все это оказывает сильное влияние на бизнес и текучесть персонала.

В России команды создают на основе гибкой методологии работы над проектами — Agile, которая подразумевает создание кроссфункциональных команд. Подбор участников проекта осуществляется с помощью психолога, который составляет список качеств, которыми должен обладать каждый член команды, и анализирует их.

Со временем команда «срабатывается» и уже не требуется уделять внимания личностным качествам абсолютно каждого сотрудника. Команда достигает синергетического эффекта, когда сумма действия составляющих превосходит действие каждой составляющей. Однако необходимо поддерживать такой эффект за счет совместной внутригрупповой психологической работы: совместные тренинги, геймификация помогают группе оставаться единым целым. В процессе работы авторы выявляют следующие характеристики для создания высокоэффективной команды: грамотная оценка сотрудников, полный психологический портрет, а также перечень его компетенций; методики выявления компетенций сотрудников; соблюдение правил команды. Отдельное внимание уделяется командным ролям. Необходимо выявлять неформальные роли, представителей которых в команде не хватает. Например, руководитель не готов вкладываться в построение взаимоотношений среди своих подчиненных, значит необходимо найти сотрудника, который будет замещать эту роль и развивать эмпатию в команде. Руководителю необходимо понимать как свои сильные, так и слабые роли.

В заключение работы авторы отмечают, что создание слаженной команды — очень серьезная и сложная работа. Необходимо обеспечить условия открытости, где сотрудники смогут открыто говорить о своих трудностях. Если персонал чувствует доверие, то не придется дополнительно работать над коммуникацией и межличностными отношениями.

Список используемых источников:

1. Семина А.П., Желтенков А.В. Особенности формирования команды международного проекта // 21-ая международная конференция «Авиация и космонавтика». — М.: Перо, 2022. — С. 572-574.
2. Семина А.П. Формирование и внедрение программы благополучия в компании для повышения эффективности деятельности команд // XLVIII международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения». — М.: Перо, 2022. — С. 632.
3. Семина А.П. Влияние командной формы организации труда на эффективность организации. формирование «суперкоманды» // Московский экономический журнал. — 2021. — №11

## Методика вовлечения студентов в научную деятельность

Фридман В.Д., Лосев Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

В настоящий момент происходит обособление отечественной экономики и производственного сектора, что не может не сказаться на науке в целом. Согласно данным «Росстата» в 2022 году территория российской федерации покинули 622 тысячи человек. В сложившейся ситуации это большой отток населения, в который входят и образованные специалисты. В связи с этой тенденцией правительство Российской Федерации выпустило постановление «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030». Главными целями данного постановления является увеличение доли российской науки на глобальном рынке исследований и разработок, обеспечение привлекательности работы в России для ведущих мировых ученых и молодых перспективных исследователей. Однако в настоящий момент в Московском Авиационном институте нет налаженного механизма, способного вводить студентов в научную работу. Студентам, желающим начать разработку своих идей, нужно самим найти научного руководителя, либо дожидаться, пока его он сам заметит, а позже начать работу уже с руководителем. При этом из-за загруженности преподавательского состава научные руководители не могут полностью сопровождать студента в начале его исследовательской деятельности, в связи с чем может возникнуть отторжение и страх неизвестного. Научная среда, в глазах студентов младших курсов, представляет из себя некое закрытое объединение, в которое трудно войти, но так быть не должно. В связи с чем было принято решение запустить курс «погружение в научную деятельность» среди студентов младших курсов Московского Авиационного института, а именно института №1 «Авиационная техника».

Изучая актуальность открытия данного курса, нами был проведен социальный опрос, основной целью которого было выяснение общего уровня заинтересованности студентов научной работой. В фокус-группу данного опроса входили 150 студентов института «Авиационная техника» разных направлений подготовки. Исследование показало, что 60% опрошенных хотели бы заниматься наукой. Из которых 55% процентов не знают, как начать, а еще 30% боятся попробовать. Это наглядно показывает, что можно повысить вовлеченность студентов в научную работу путем пояснения им начальных этапов и рассказа о спорных моментах данной сферы деятельности людьми, которые в ней уже участвуют. Таким образом была сформирована основная концепция курса.

Главными целями курса являются: формирование общего представления о научной деятельности, объяснение основных правил и концепций написания научных статей, а также помощь в заявлении научной работы на первую конференцию. В этом слушателям помогают опытные спикеры, основная задача которых: подготовка слушателей к первой конференции, формирование индивидуального подхода к каждому студенту, ответы на возникающие вопросы. Таким образом спикер является не только лектором, но и личным наставником у небольшой группы слушателей, что позволят повысить усвояемость материала.

Основной упор в подборе материалов курса делается на доступное и понятное представление сложной информации в наглядном виде. В связи с чем, студенты будут более замотивированы в продолжении курса и написании своей первой научной работы. В рамках курса слушатели смогут развить навыки публичных выступлений, написания научных текстов, а также коммуникацию в научном сообществе.

Данный курс позволит вовлечь в научную деятельность большее количество студентов младших курсов, которые в будущем смогут повысить престиж отечественной науки.

Список используемых источников:

1. Социально-экономическое положение России — 2022 г. Федеральная служба государственной статистики.

URL: [https://gks.ru/bgd/regl/b22\\_01/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b22_01/Main.htm)

2. <https://minobrnauki.gov.ru/action/priority2030/>

3. ГОСТ Р 7.0.7-2021

## **Использование когнитивного моделирования для задач управления персоналом**

Шилков Н.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

В существующей реальности, ввиду развития эффективных способов и методик подбора персонала и управления им, конкурентоспособность предприятия может повыситься наличие способов не только формировать эффективные команды в организации для успешного выполнения целей организации, но и прогнозировать работу команды на будущее. В данных целях возможно использование когнитивного моделирования.

Рабочая команда — это малая формальная группа, интегрированных в совместную деятельность, структурно организованных, взаимозависимых в работе людей, имеющих общекомандные цели и разделяющих ответственность за их достижение.

Для использования когнитивного моделирования в управлении персоналом персонал организации (команды) следует рассматривать, как систему с параметрами, определяющими её развитие во времени за счёт воздействия как изнутри, так и извне.

Использование когнитивного моделирования в области управления персоналом позволяет решать следующие задачи: прогнозирование поведения системы/отдельных параметров в ПС, принятие рациональных/оптимальных решений по управлению параметрами, а также задачи, связанные со стратегированием.

В свою очередь, в процессе когнитивного моделирования следует использовать следующие параметры: результирующие факторы, организационно-управленческие факторы, социально-психологические факторы, когнитивные факторы, внешние факторы («давление») среды.

Необходимо отметить, что существуют проблемы с использованием и развитием самих методов и методик когнитивного моделирования — учет запаздываний, внештатные вмешательства в исследуемый процесс, сложную динамику внешней среды и т.д.

Наиболее «тонкими» и сложными являются проблемы, связанные с учетом ведущих индивидуально-типологических особенностей участников команд и их психофизиологических состояний в практической работе, даже небольшие неучтенные отклонения способны принципиально изменить результат совместной деятельности.

Список используемых источников:

1. Тихонов А.И., Федотова М.А., Чекан А.А. Проблемы и особенности автоматизации подбора персонала // Московский экономический журнал. 2019. № 10. С. 29.

2. Михайлов А.А., Федулов В.И. Информационные технологии как элемент управления процессом профессиональной адаптации молодых специалистов на предприятиях аэрокосмического комплекса // Московский экономический журнал. — 2019. — №2. — С. 17.

3. Тихонов А.И., Михайлов А.А., Федотова М.А. Управление человеческими ресурсами: организационные и социально-экономические механизмы управления трудом работников предприятий аэрокосмической отрасли / Ставрополь, ЛОГОС. 2019.

4. Краев В.М., Тихонов А.И. Управленческое консультирование на предприятиях аэрокосмической промышленности. Учебно-методическое пособие / Ставрополь, ЛОГОС.2017.

## **Роль превентивных мероприятий риск-менеджмента в процессе управления персоналом**

Эксанова К.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лифановская О.В.

Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва

Актуальность работы обусловлена тем, что человеческие ресурсы организации являются наиболее ценными, а в современной российской практике отсутствуют эффективные методы

и инструменты выявления и оценки кадровых рисков, и многие организации зачастую не понимают необходимость учёта данных рисков при ведении бизнеса.

Кадровые риски охватывают весь процесс управления персоналом, и, соответственно, недостаточное внимание к ним может поставить под удар экономическую безопасность компании в целом. Уже не такими важными становятся прочие ресурсы, когда компания обладает квалифицированными сотрудниками, готовыми развиваться сами, развивая при этом и свою компанию. В связи с этим растёт и необходимость постоянного, непрекращающегося анализа и управления кадровыми рисками, охватывающими весь процесс жизнедеятельности каждого сотрудника внутри организации: начиная с его приема на работу, процесса адаптации, обучения и развития, заканчивая работой над HR-брендом.

Необходимо на постоянной основе проводить анализ текущей ситуации для выявления и идентификации новых рисков, прибегая к необходимым мерам для их минимизации. В связи с тем, какой важностью обладает процесс управления кадровыми рисками, необходимо решать возникающие проблемы не по мере поступления, а внедрять и реализовывать превентивные меры, чтобы минимизировать размеры негативных последствий и даже не допускать их.

Наиболее эффективной превентивной мерой управления кадровыми рисками является качественная проработка кадровой политики организации. Важно отметить, что она должна быть не номинальной, а действительно внедренной в процесс управления рисками. И тогда, действуя на опережения, для компании становится возможным действительно минимизировать риски. Разумеется, даже максимально качественно подготовленная и внедренная кадровая политика не способна полностью избежать кадровых рисков, так как даже при вложении всех ресурсов организации: и материальных, и человеческих, риски не прекратят существовать. Но компания способна приложить усилия на развитие риск-менеджмента организации, что в дальнейшем снизит вероятность наступления кризисных ситуаций и необходимости вложения высокого уровня денежных средств для нейтрализации их негативных последствий.

Следовательно, необходимо уделить внимание проработке превентивных мероприятий на всех этапах управления персоналом компании.

Список используемых источников:

1. Коновалова, О. В. Кадровая политика как эффективный инструмент управления внутренними операционными рисками организации в современных условиях хозяйствования / О. В. Коновалова, М. А. Федотова, А. И. Тихонов // Экономика и предпринимательство. — 2018. — № 8(97). — С. 1249-1253. — EDN USVPUJ.
2. Коновалова, О. В. Управление кадровыми рисками хозяйствующего субъекта в условиях цифровизации общества / О. В. Коновалова, И. В. Морозова, Е. Г. Козлова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. — 2020. — № 2. — С. 68-75. — DOI 10.18384/2310-6646-2020-2-68-75. — EDN OORGPR.

## **Проектирование школы наставничества в технических вузах, как способ формирования эффективной карьерной траектории студентов**

Сайдалиева Д.Р.

Научный руководитель — к.т.н., доцент Хомутская О.В.

МАИ, Москва

Студенты технических вузов на том или ином этапе обучения сталкиваются с рядом проблем, такими как: сложность выбора направления развития, недостаточное количество знаний в области построения карьеры, отсутствие практических навыков, мотивации [1]. Вышеперечисленные трудности могут возникать в связи с глобальным обновлением списка профессий и изменением востребованности того или иного специалиста. Однако, большинство этих проблем можно избежать при помощи введения системы наставничества.

Доказано, что система передачи знаний от одного более опытного человека к одному другому или группе лиц является эффективной. Система наставничества, как частный случай такой системы, показала свою значимость в различных крупных организациях, так как люди, которые имеют наставника, обычно наиболее мотивированы и нацелены на

результат, что соответственно повышает шансы каждого человека, участвующего в программе к построению наиболее верной траектории развития и приобретению уникальных знаний и навыков [2].

Наставник, как более опытный экспертный человек в своей области, имеет возможность помочь студенту выстроить его индивидуальную траекторию развития, учитывая его уровень знаний и рынок труда, подскажет, где и каким образом можно приобрести карьерные компетенции, которые помогут студенту найти истинное предназначение и стать профессионалом своего дела в выбранной области научных или иных интересов. Наставник в данном случае — человек, обладающий уникальным знанием и опытом, которым еще не обладают студенты [3]. Такими знаниями могут послужить сведения о составлении резюме, грамотной подаче себя на собеседовании, умении принимать критику и отказы. Наставник с высоты своего опыта способен взглянуть со стороны на студента, как на будущего специалиста и посоветовать эффективную образовательную и карьерную траекторию в выбранной им области.

Направления развития в рамках проектирования школы наставничества могут быть разнообразными, однако учитывая специфику технического вуза, каждый наставник должен обладать необходимыми компетенции в одной из таких сфер, как авиастроение, радиоэлектроника, математическое моделирование, информационные технологии, системы управления и другие приоритетные для технических вузов направления. Это утверждение позволяет нам прийти к выводу, что наставником может стать преподаватель вуза, обладающий как теоретическими, так и практическими знаниями, работник предприятия-партнера или опытный студент.

Для того, чтобы система наставничества показала себя максимально эффективно, процедура отбора на наставничество должна содержать несколько этапов. Для начала, проводится отбор наставников, путем заполнения специализированной гугл-формы, которая поможет выявить карьерные компетенции наставника и его заинтересованность в проекте [4]. Следующий шаг — набор наставляемых, который выявит интерес студента к программе и область его знаний, также по средствам заполнения необходимой формы. Для каждого наставника выбирается группа лиц (5-10 человек), которые заинтересованы в той же области исследований. На протяжении полугода наставник будет проводить регулярные встречи со студентами из его группы, на которых будут обсуждаться цели студентов и начнет формироваться траектория достижения данной цели.

Учитывая все вышесказанное, преимущества программы для студентов очевидны, однако хочется подчеркнуть положительные стороны для людей, которые станут наставниками. Такими сторонами могут стать, возможность делиться накопленными знаниями и опытом со студентами «с горящими глазами», возможность привлекать увлеченных студентов к своим проектам и проектам вуза. Наставник развивается вместе с наставляемым, ведь обучая учиться проще и эффективнее. Более того, каждый наставник в праве указать опыт наставничества в своем резюме, что особенно актуально для студентов-наставников.

Школа наставничества в технических вузах — уникальный проект, позволяющий студентам раскрыть свои таланты и построить индивидуальную траекторию карьерного развития под руководством опытного наставника. Одни смогут попробовать себя в роли наставника, другие — почувствуют себя в роли наставляемого, получат порцию мотивации, команду единомышленников и уникальные знания в выбранной им области для построения эффективной карьерной траектории.

Список используемых источников:

1. Ермакова Н.А., Емельянова И.Н. Проблемы самореализации личности в период обучения в университете//Университетское управление: практика и анализ. 2008. URL: <https://clck.ru/33g9nM> (дата обращения: 02.03.2023)

2. Значение менторинга для бизнеса: статистика URL: <https://coachuniver.ru/mentoring-bisnes-statistika/> (дата обращения: 02.03.2023)

3. Наставничество в образовании: эффективная модель обучения URL: <https://clck.ru/33gAcA> (дата обращения: 02.03.2023)

4. Чему должна научиться современные наставники? Отрывок из книги «Интерактивное вопрошание» URL: <https://clck.ru/33gAeu> (дата обращения: 02.03.2023)

## Секция №9.4 Философские, историко-политические и социально-гуманитарные проблемы аэрокосмической деятельности

---

### Теория империализма сегодня: сохраняет ли она актуальность?

Агальцов М.В.

Научный руководитель — к.ф.н. Сухно А.А.

МАИ, Москва

«Империализм» ввёл в оборот исследователь Джон Гобсон. Он говорил, что Современный империализм имеет специфическую природу, представляет неизвестное прежним историческим эпохам, явление;

Империализм есть политика, определяемая экономическими интересами господствующих классов и в первую голову интересами капитала, ищущего применения.

Английский исследователь поставил экономическое принуждение на первый план потому, так как с исторической точки зрения это-основа-основ империализма: оно либо сопутствует ему, либо следует за ним.

Гобсон считает, что все товары производятся непременно для потребления оных, ведь всё, что произведено или может быть произведено, может быть и употреблено, потому что в форме ренты, прибыли или зарплаты право на продукт составляет доходов того или иного члена общества, а значит он может потребить этот товар или обменять его на более нужный предмет потребления. Загвоздка лишь в том, что капиталисты не могут съесть столько еды, на сколько у них хватает денег. Он предлагает более справедливо распределять доходы, чтобы все производимые в стране товары могли быть тут же и потреблены. Не будет перенакопления капиталов, а значит и не будет необходимости во внешнем применении капитала.

Гильфердинг определял империализм внешней политикой финансового капитала, признаком господства которого являются синдикаты и тресты, синдикализация и трестизация промышленности и торговли. Критерием же вхождения империи в эпоху империализма для него являются:

Внешние таможенные пошлины, не зависимо от степени синдицированности;

Стремление раздвинуть таможенные границы возможно дальше.

Ленин, описывая империализм, выделял следующие пять его основных признаков: концентрирование капитала и производства до такой степени, что создаются монополии, которые играют ключевую роль в хозяйственной жизни; появление «финансового капитала», как слияния банковского капитала с промышленным; вывоз капитала приобретает важное значение, в отличие от вывоза товаров; образование интернациональных монополистических союзов капиталистов, делящих мир и окончание территориального раздела планеты крупнейшими державами. Он видит империализм как определенную тенденцию финансового капитала и капитализма вообще к установлению монополий.

Империализм является не чем-то обособленным от империй, а стадией экономического развития этих империй на определённом историческом этапе, ведь и Гобсон, и Гильфердинг, и Ленин указывают на экспансию капиталов империалистических стран, а вслед и вместе с ней и военную.

Ключевым отличием большей части 20-го века от 1916 года, когда Ленин писал свою работу об империализме, являлось наличие в мире первого социалистического государства. Так же с середины 20-го века начинается процесс деколонизации. Новообразованные страны должны начать своё бурное развитие, и если не догнать развитые капиталистические страны, то интенсивно сокращать разрыв. Но этого не происходит. В чём же дело? Ленин считал империализм новым этапом, связанным с переходом к капитализму монополий. «Я подвергаю этот тезис сомнению и утверждаю, что исторический капитализм всегда был империалистическим, он привел к поляризации между центрами и периферией с момента

своего возникновения в XVI в., которая в течение последующего глобального развития только увеличилась», — говорит египетский исследователь Самир Амин.

Давид Рикардо сформулировал в своей теории относительных преимуществ принцип, согласно которому стране выгодно производить и экспортировать товары, в производстве которых у нее относительно низкие затраты труда и капитала. И таким образом у неё есть конкурентное преимущество перед другими странами. Но мы видим, что эти преимущества используются не на благо населения: развитые страны обладают неизмерно большими возможностями оперирования капиталом. Так как авансирует капитал развитая страна, то и преимущество устает у неё: прибыль с этих предприятий уходит обратно, в страну инвестора. Амин называет это империалистической рентой.

Богатство развитых стран есть ничто иное, как систематическое взимание «ренты» со своей периферии.

Но ведь некоторые страны поднялись на уровень т. н. «центра». Это связано с привнесением плановых структур в управление экономикой. Если экономика ориентирована на мировой рынок, то и производить она будет то, что купят. Иным путём пошёл Советский Союз в начале 20-го века, осуществив «de-linking», выход из капиталистической мир-системы. Торговля с капиталистическими странами не прекратилась, но она руководствовалась задачами самой Страны Советов, задачами индустриализации.

По сути, теория империализма преобразовалась в мир-системную теорию.

Вывод: империалистическое устройство, такое устройство, когда благополучие стран центра обеспечено эксплуатацией периферии, никуда не делось.

Список используемых источников:

1. Дж. Гобсон. // Империализм. URSS. Москва. 2021.
2. Р. Гильфердинг. // Финансовый капитал. URSS. Москва. 2022.
3. Ленин В. И. // Империализм, как высшая стадия капитализма ПСС. Том 27.
4. Кагарлицкий Б. Ю. // От империй — к империализму. URSS. Москва. 2022.
5. Самир Амин. // Россия: долгий путь от капитализма к социализму. ИНИР Москва. 2017.
6. Карл Маркс и Фридрих Энгельс. // Сочинения. Том 26.
7. Покровский М. // Очерки по истории революционного движения в России XIX и XX века. Москва. 1924.

### **Специфика современной гонки вооружений**

Агафонова Е.А., Филипенко Ю.Р.

Научный руководитель — Григорьев А.В.

МАИ, Москва

В начале 2000-х годов стало очевидно, что Россия претендует на высокие позиции на международной арене. Даже не смотря на все негативные последствия развала СССР, России удалось сохранить высокий научный и производственный потенциал в области создания новых вооружений.

На фоне обострения борьбы между ведущими геополитическими игроками государствами возникла потребность в создании гиперзвукового оружия. Объясняется это тем, что такое оружие труднее перехватить современными системами ПРО в отличие от боевых блоков обычных баллистических ракет, которые летят по инерции и имеют абсолютно предсказуемую траекторию полета. В настоящее время существуют два вида сверхзвукового оружия. Это гиперзвуковые ракеты и глайдеры, то есть летящие со сверхзвуковой скоростью управляемые блоки баллистических межконтинентальных ракет, либо ракет средней дальности.

В настоящее время гиперзвуковые ракеты и глайдеры развивают скорость выше шести звуковых скоростей. Гиперзвуковые блоки после отделения от разгоняющей их ракет-носителя маневрируют в полете и предсказать их траекторию сложно. Современные глайдеры, маневрирующие в стратосфере, за счет своей неуязвимости для современных ПРО дают преимущество в гонке вооружений той стране которая смогла их создать и поставить

на вооружение. Российская Федерация, поставив на вооружение гиперзвуковую ракету «Циркон» стала лидером в гонке гиперзвукового оружия. Китай, США, Франция и другие страны стремятся догнать Россию.

Можно предположить, что в скором времени США поставят на вооружение гиперзвуковую ракету аналогичную Циркону. Но очевидно, что пока страны НАТО остаются без систем эффективной защиты против Циркона. Это резко увеличивает мощь вооруженных сил страны и поэтому Россия и другие крупные геополитические игроки в настоящее время стремятся создать разные подобные системы вооружения. Циркон в настоящее время может запускаться с боевых кораблей и подводных лодок. В скором времени ВКС РФ должны получить гиперзвуковые ракеты Гремлин и Острота, которые будут размещаться на российских истребителях. В настоящий момент не раскрыта информация о том, будут ли эти ракеты иметь вариант с ядерной боевой частью.

В настоящее время РФ имеет на вооружении межконтинентальный боевой гиперзвуковой блок Авангард. Можно сказать, что Россия это первое государство которое в современной гонке вооружений получило оружие, которому пока ничего не могут противопоставить США.

Можно заметить, что Россия в 2001 году приступила к проектированию нового гиперзвукового оружия, а по открытым источникам США приступили к подобной программе только в 2003 году, то есть с отрывом в два года. В 2004 году Россия уже объявила о тестировании прототипа глайдера в открытом космосе, но тогда ещё оставалась проблема термозащиты, так как очень сложно оказалось управлять блоком, разогретым до нескольких тысяч градусов и находящимся в верхних слоях атмосферы. Это являлось огромной технической проблемой. Это температура, при котором плавятся металлы и при этом летящий блок не только должен пройти все слои атмосферы, но и поддаваться контролю, а значит нужно с него считывать сигналы, которые должны проходить через облако плазмы, окружающей блок и через разогретую оболочку самого блока на протяжении долгого времени. Именно с такой проблемой столкнулись Китай и США. Также трудность была в том, что чем выше скорость полета, тем труднее управлять аппаратом, поскольку, чем выше набирается скорость, тем быстрее и больше нагревается аппарат. По этой причине первые экспериментальные полёты глайдеров США в 2010-2011 годах оказались неудачными. Хотя на второй попытке результат был не плох, потому что в течение 20 минут полёта в стратосфере американский глайдер показывал неплохие результаты и даже мог предоставить данные телеметрии. Благодаря переданным данным во втором эксперименте американцы поняли, что техническая составляющая данного проекта на тот момент не позволяла решить им эту задачу. После этого Трамп выступил с докладом об итогах эксперимента, в котором упомянул, что создаваемый ими блок будет применяться на ракетах средней дальности. В связи с тем, что американцам не удается догнать нас в проектирование гиперзвукового вооружения, они остановились на ракетах средней дальности.

## **Теория квантового бессмертия**

Асанов С.Т.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Сытник В.М.

МАИ, Москва

Тема смерти и вечной жизни всегда была актуальна в философии во все времена. В древнеиндийской философии сформировалась идея реинкарнации, постоянного перерождения бессмертной души. Философия бессмертия большое значение имела в творчестве русских космистов. Сегодня появилась более современная теория, которая трактует феномен бессмертия с точки зрения квантовой физики.

Теория квантового бессмертия подразумевает собой наличие бесконечного количества параллельных вселенных, в которых проживает точная копия нас, жизнь которой проходит аналогично нашей. Данным вопросом интересовались различные учёные, рассмотрим предположения некоторых из них.

Хью Эверетт, математик и физик-теоретик, предполагал, что существует бесконечное число вселенных, в которых находятся абсолютно одинаковые копии «участников эксперимента» [1]. В этих измерениях при изменении каких-либо справедливых для него реалий, к примеру, отправляясь на встречу, человек забывает дома паспорт, в этот момент происходит разделение вселенных на две параллельные: в одной он забыл паспорт, а в другой нет, т.е. существует два варианта исхода А и Б. Впоследствии эту теорию назвали «интерпретацией многих миров».

Макс Тегмарк, космолог и астрофизик, размышляя над данным вопросом, предложил теорию, в которой он дополняет идею Эверетта, говоря, что существует множество миров, где наша точная копия может поступать иначе и продолжать своё существование согласно выбранному исходу. По мнению Тегмарка, данная теория элементарно проверяется в игре в русскую рулетку, т.е. с вероятностью А произойдёт выстрел и участник эксперимента погибнет, но он переродится в другой вселенной, где он не будет и подозревать о том, что он только что погиб в параллельном мире. Для него произошёл холостой выстрел. Проверять на личном опыте данную теорию, конечно, не стоит, т.к. в эксперименте мы рассматриваем квантовый мир. Соответственно переход из одной вселенной в другую возможен только за катастрофически малый промежуток времени, а именно за 10-34 секунды. Чтобы получше понять попробуем представить процесс «квантового самоубийства». Возьмем револьвер Наган, начальная скорость пули которого 272 м/с, а длина ствола 114 мм (0,114 м). Даже если дульное отверстие пистолета будет находиться вплотную к голове испытуемого, то время эксперимента будет примерно равно  $4,19 \cdot 10^{-4}$ , что на 30 порядков больше, чем нужно. К тому же, для успешного завершения опыта испытуемый гарантировано должен быть убит, иначе результат будет неудачным.

Квантовое бессмертие роднится с древнеиндийским учением о перерождении бессмертной души, только в древнеиндийской философии перерождение происходит в одном и том же мире, а в теориях современных физиков человек получает фактическое бессмертие в параллельных вселенных. Теория квантового бессмертия Х. Эверетта и М. Тегмарка тесно связана с идеей эффекта наблюдателя в квантовой физике, которая неизбежно отсылает к идеалистическим представлениям о том, что сознание (сознание наблюдателя) может влиять на материальный мир и изменять его, и представляет собой фундаментальную физическую не-материальную сущность [2].

Эффект наблюдателя, чьё сознание формирует внешнюю реальность, приводит нас к положению И. Канта о субъективном, априорном характере пространства и времени, т.к. сознание наблюдателя, определяя точное положение элементарной частицы, устанавливает в то же время определённые характеристики пространства и времени.

Таким образом, в данной концепции квантового бессмертия квантовая физика и существующие философские учения сближаются друг с другом. Также можно сделать вывод, что на практике в настоящее время проверить теорию квантового бессмертия путём «квантового самоубийства» мы не можем, но категорично отрицать её тоже не стоит, ведь, возможно, в далёком будущем учёным удастся доказать теорию на практическом опыте.

Список используемых источников:

1. Квантовое бессмертие. Квантовое самоубийство и квантовое бессмертие. URL: <https://science.ru-land.com/stati/kvantovoe-samoubiystvo-i-kvantovoe-bessmertie#7c12> (дата обращения — 19.02.2023)

2. Лебедев Ю.А. Модель бесконечномерного мультисобытийного пространства-времени Минского и физический смысл эвереттских ветвлений и склеек // Математические структуры и моделирование. 2014, № 4(32). С. 13-22.

3. Математические миры Тегмарка. URL: [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/433609/Matematicheskie\\_miry\\_Tegmarka](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433609/Matematicheskie_miry_Tegmarka) (дата обращения — 20.02.2023)

## **Идеи воздухоплавания и аэродинамики как практическая разработка школы «союза основ» (Н.Е. Жуковский и Московская философско-математическая школа)**

Бардычева А.С.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В развитии идей ученых-мыслителей XIX–XX веков виден путь от философии к математике — тенденция, которая открывает новые грани науки. «Союз основ» порождает научный прогресс: Московская философско-математическая школа (МФМШ) (Н.В. Бутаев, П. А. Некрасов, Н. Е. Жуковский и др.) послужила импульсом к образованию Московской школы теории функций (Д. Ф. Егоров, Н. Н. Лузин и др.), а также стала базисом к созданию современной аэродинамики. МФМШ стала примером слияния наук, который показал, что такая практика успешна и нацелена на появление новых взглядов на (зачастую старые) проблемы. Учёные, которые делали прорыв в одной области, отмечали, что на результат значительно повлияли их знания из другой.

Николай Егорович Жуковский — отец русской аэродинамики — состоял в Московской философско-математической школе. А с 1905 по 1921 гг. Н. Е. Жуковский возглавлял эту школу. Важным толчком этой школы, ознаменовавшим практическое воплощение поставленных целей, является участие ученых и философов этой школы в работе первого в мире Конгресса по математике, логике и философии в Цюрихе в августе 1897 г. [1, с. 92-94]. Там Н. Е. Жуковский выступил с докладом на немецком языке «О новой конструкции гироскопа», который был опубликован в Материалах конгресса Фердинандом Рудин в Лейпциге в следующем 1898 г. [2; 3, с. 155-161; 4].

Часть выступления:

«Сконструированный мной новый гироскоп основывается на принципе, известном как «периметрический гироскоп Сира». Основной вращающийся диск гироскопа А, волчок, опирается своим краем М на расширение вертикальной медной трубы В, отчего волчок касается точками М и N, лежащими на его периферии. В нижней части волчка находится диск D, по которому проходит бесконечный резиновый ремень, удерживаемый волчком с помощью колеса Е в крутящем состоянии. На диске D имеется коническое углубление, которым волчок опирается на неподвижное острие О. Радиус R трубы В соответствует размеру радиуса r периферии (окружности) MN. На фигуре 2 изображено проходящее через точку М горизонтальное сечение аппарата. Точка С покоится здесь на оси трубы В, напротив точки А на оси волчка. Если волчок раскручивается в трубе В, то точка А описывает вокруг С малую окружность с радиусом R –r. Если мы обозначили символом  $w$  угловую скорость, которая сообщается посредством бесконечного ремня волчку в направлении по часовой стрелке, то точка А будет двигаться в направлении часовой стрелки вверх вписанной окружности с линейной скоростью  $wr$  в направлении против часовой стрелки» [2].

Жуковский считал важным сперва дать определение подъемной силе, посмотреть, как она формирует физическую картину. После исследований, в работе «К теории летания» (1890) он высказал идеи, что подъемная сила является результатом некоторого вихревого движения, обусловленного вязкостью жидкости. В 1890—1891 гг. он поставил новые интересные опыты с пластинкой, вращающейся в потоке воздуха, которые предвосхитили его будущую идею о присоединенных вихрях. Позже именно эта идея стала базой для создания теории подъемной силы. В эти годы Жуковский изучает широкий спектр вопросов, посвященных решению задач полета на аппаратах, которые значительно тяжелее воздуха.

Уже тогда он начал изучать вопрос устойчивости самолета в небе. Задача о динамике полета на аппаратах тяжелее воздуха была впервые рассмотрена Жуковским в статье «О парении птиц» (1891). Ученый теоретически обосновал возможность осуществления движений самолета в воздухе, в частности явление «мертвой петли». Позже этот трюк был выполнен в 1913 г. русским военным летчиком П. Н. Нестеровым.

Теорию крыла в плоскопараллельном потоке идеальной жидкости Н. Е. Жуковским создан в 1905–1912 г. совместно с учеником (сотрудником и преемником) Сергеем Алексеевичем Чаплыгиным. Приведем здесь некоторые из сочинений Жуковского, сделанные в процессе длительной исследовательской работы. Так, первая публикация Жуковского по аэродинамике «К теории летания» относится к 1890 г. В ней как и в докладе того же названия, сделанном Жуковским на пленарном заседании VIII съезда русских естествоиспытателей и врачей (4 янв. 1890 г.) он рассматривал «старинный вопрос о точке опоры» и доказывал, что «тело, погруженное в несжимаемую жидкую массу, заключенную в весьма большом неподвижном сосуде и лишенную трения, не может посредством внутренних сил развить постоянную силу тяги». Для получения силы тяги (подъемной силы) Жуковский отмечает два способа: образование поверхностей раздела скоростей и использование трения. Выдающимся событием в развитии теории крыла стала публикация цикла четырех близких по содержанию статей Н. Е. Жуковского: «О контурах поддерживающих поверхностей аэропланов», обзор всего цикла на немецком языке, издано в Берлине, ч. 1, 1910 и ч. 2, 1912;

Московская философско-математическая школа повлияла на Жуковского и его исследования, он, в свою очередь, оказал воздействие на развитие аэродинамики. Слияние наук помогает учёным по-новому смотреть на решение разнообразных задач, помогает находить ответы.

Список используемых источников:

1. Шевцов А. В. Московская философско-математическая школа. Логика и философия математики. Н. Е. Жуковский на 1 конгрессе математиков в Цюрихе в 1897 г. // Логико-философские штудии. Том 16(№1-2), 2018. С. 92-94.

2. Joukowski N. Ein neuer gyroskopischer Apparat // Verhandlungen der ersten internationalen Mathematiker-Kongresses in Zürich vom 9 bis 11. August 1897 / Herausgegeben von Dr. Ferdinand Rudio, Professor am eidgenössischen Polytechnikum. Leipzig: Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1898.

3. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия: учебное пособие. — М.: ИНФРА-М, 2020.

4. Половинкин С. М. Московская философско-математическая школа // Общественные науки в СССР. Серия 3. Философия. — М., 1991.

## **Образ идеальной работы и представления об успешности среди будущих инженеров**

Блинова А.С., Босова Т.В.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

Работа является неотъемлемой частью жизни практически каждого человека, поэтому она легко может стать предметом мечтаний, связанных с поиском идеального рабочего места и условий труда.

Образ идеальной работы начинает формироваться в старших классах и во время обучения в высшем учебном заведении. Люди вспоминают о своих мечтах, выделяют для себя наиболее значимые факторы и на их основании формируют идеальный образ работы.

Часто при формировании этого образа люди задумываются о том, что позволило бы им чувствовать себя успешными, какие факторы или условия подтвердили бы этот статус. Нередко у людей есть пример, идеал, на которого они равняются, человек, чей успех они хотят повторить.

Эти представления очень многогранны и индивидуальны, поэтому их изучение и анализ всегда остается актуальным и интересным [1; 2].

В феврале 2023 года авторами было проведено исследование методом анкетного опроса [3], основной целью которого было выявление образа идеальной работы и представлений об

успешности у студентов технических факультетов МАИ. В качестве респондентов выступили 104 студента МАИ (57,7% — мужчины, 42,3% — женщины).

В ходе опроса было выявлено, что практически каждый студент имеет представления об образе идеальной работы и далеко не всегда он совпадает с реальным, которую можно получить после окончания вуза. Для почти трети студентов соответствие работы полученной специальности является принципиальным (30,8%), все же для некоторых студентов такое соответствие очень важно (16,3%), еще около 30% полагают, что это скорее важно, чем нет.

Основными важнейшими критериями при выборе работы студенты отмечают высокую оплату труда (83,7%), возможность карьерного роста (60,6%), удобный график работы (31,7%) и коллектив (28,8%).

Даже при условиях, что работа будет далеко не всегда приносить удовольствие и иметь ненормированный график, студенты отдают предпочтение занятости с высокой заработной платой и возможностью карьерного роста (42,3%), нежели со свободным режимом работы, интересным содержанием, но с невысокой оплатой труда и отсутствием карьерного роста (35,6%).

Достижение успеха в жизни для студентов во многом связано с финансовой стабильностью (40,4%), гармонией с собой (34,6%) и созданием благополучной семьи (26%).

Большинство студентов имеют некий «идеал» и пример успешности в современном обществе, который является для них образцом и мотиватором для достижения своих целей. Для одних это известные личности (Илон Маск, Квентин Тарантино, Генри Форд, Джоан Роулинг и т.д.), а для других члены их семьи.

Таким образом, исследование показало, что большинство студентов имеют представления об образе идеальной работы и ключевыми ее критериями в основном являются высокая оплата труда и возможность карьерного роста.

Список используемых источников:

1. Коган Е.А. Успешный человек глазами будущих инженеров// Человеческий капитал. 2020. №3 (135). С.120-127.
2. Марков Д.И. Что такое идеальная работа и как на нее устроиться: карьера как форма успеха в представлениях студентов// Социальное партнерство. 2021. Том 7. №5. С. 1-21.
3. Коган Е.А. Количественные методы исследования социальных процессов. — М.: Тезаурус, 2016.

## **Ка-226Т как основа для будущего сельскохозяйственной деятельности России**

Воронцов А.М., Пурыскина А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Ермолаева Е.Н.

МАИ, Москва

На данный момент в сельском хозяйстве в России задействованы такие летательные аппараты как Ан-2, Ми-2, Т-500, а также некоторые импортные аппараты. Эти самолёты, конечно, справляются со своими обязанностями, но необходимо признать, что они уже не только физически, но и морально устарели. На фоне этого «Ростех» объявили о создании нового вертолёта сельскохозяйственного назначения на базе Ка-226Т. Данный вертолёт производится с 1998 года, так почему же всё-таки именно на его базе создадут прорывной за последние годы аппарат для сельскохозяйственного назначения? В этом стоит разобраться.

В своих объявлениях «Ростех» заявили, что Ка-226Т, самый прорывной и выгодный на данный момент самолёт. Если назвать конкретные характеристики, мы получаем:

- Четыре топливных бака ёмкостью 770 литров;
- Продолжительность полёта при полной модернизации — 6, 45 часов.
- Вертолёт оборудован отечественным двигателем ВК-650В, благодаря которому летательный аппарат развивает мощность равную 650 лошадиных сил, а ресурс данного двигателя составляет 3500 часов.

Вертолёт очень прост в управлении, а модернизированная относительно изначального Ка-126 форма судна даёт отличные аэродинамические показатели.

Теперь рассмотрим вертолёт с его экономической стороны. Примечательно то, что с 2007 года данные судна поставляют за 109 200 000 рублей. Цена, конечно, не очень низкая, но довольно приемлемая для вертолётного такого класса. Конечно, стоимость на новый, предназначенный для сельского хозяйства, вертолёт явно изменится, но говоря о базовом судне, нельзя не заметить его дешевизну относительно других вертолётных того же класса. Например, крайне похожий на Ка-226Т многоцелевой вертолёт «Ансат» оценивается в 289 400 000 рублей. Теперь рассмотрим Ка-226Т с точки зрения выгоды для эксплуатирующей его организации. Зная его необходимые характеристики, а именно:

- Полезная нагрузка летательного аппарата составляет 785 килограммов, а на борту может находиться до 7 человек;
- Дальность полёта вертолётного составляет 475 километров при крейсерской скорости 190 км/ч.

Приняв к сведениям данные показатели, переходим к счёту. Возьмём конкретный пример. Итак, перевозка груза будет осуществляться из Нижнего-Новгорода в Чистополь, расстояние составляет 426 километров. Время, затраченное на перевозку в одну сторону, получается примерно 2 часа. В день при идеальных условиях и максимальной выкладке таких полётов можно произвести до 12 раз. Цена за 216 литров авиационного керосина составила 15 000 рублей, тогда один перелёт обойдётся в 53 400 рублей, так как полётов в день у нас 12, то в день на самолёт будет расходоваться примерно 640 000 рублей. Один рейс на данном летательном аппарате стоит для заказчика 200 000 рублей, тогда при идеальных условиях, за вычетом затрат на топливо, судно приносит 1 760 000 рублей в день. Итого выходит, что в теории, один Ка-226Т в год при максимальной нагрузке может приносить эксплуатирующей его организации до 642 400 000 при сроке полезного использования равном 15 годам. Отличная доходность с одного лишь летательного аппарата.

Исходя из представленных выше расчётов можно сделать вывод, что данное судно легко может выступать отличной базой для летательных аппаратов специального назначения. Поэтому «Ростех» крайне грамотно выбрал судно, на котором будет базироваться современный вертолёт для сельскохозяйственной деятельности.

Список используемых источников:

1. Ка-226Т: вертолёт-трансформер // Ростех // <https://rostec.ru/news/ka-226t-vertolet-transformer/?ysclid=lerk8hfmp2631693110> (дата обращения 29.03.2023).
2. На базе Ка-226Т создадут вертолёт для сельского хозяйства // Авиация России // <https://aviation21.ru/vertolety-rossii-sozdast-vertolet-dlya-selskogo-kozyajstva-na-baze-ka-226t/?ysclid=lerkbt23v4373373525> (дата обращения 02.03.2023).
3. ОЛК презентовал проект двигателя ВК-650 для вертолетов «Ансат», Ка-226, VRT500 // Наука и Техника // <https://naukatehnika.com/odk-dvigatel-vk-650-dlya-vertoletov.html> (дата обращения 01.03.2023).
4. Карта данных сертификата типа № ФАВТ-Ка-226 Вертолёт Ка-226, издание 03 // Министерство транспорта Российской Федерации Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация)

## **Наука и искусство и их влияние на формирование мировоззрения человека**

Голякова М.М.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В докладе затрагивается главный философский вопрос любого мировоззрения: как формируется собственно само это мировоззрение, каковы причины его образования. Эта проблема рассматривается на фоне как причины базовых положений для формирования мировоззрений принципов науки и — оснований эстетического для формирования мировоззрения на базе искусства. Мировоззрение — это система взглядов, оценок и образных представлений о мире и месте в нём человека, общее отношение человека к окружающей действительности и самому себе, а также обусловленные этими взглядами основные жизненные позиции людей, их убеждения, идеалы, принципы познания и

деятельности, ценностные ориентации. Мировоззрение придаёт деятельности человека организованный, осмысленный и целенаправленный характер. Выделяют обыденное мировоззрение, научное, философское, религиозное, художественно-эстетическое. В своей работе мы остановимся на рассмотрении всего лишь двух типов: научного и художественно-эстетического. Цель — определить критерии наиболее «правильного» мировоззрения.

Научное мировоззрение формируется на основе науки и стремится к построению теоретически оформленной картины мира с помощью философских принципов историзма, логики, доказательности, системности, объективности и практики [1]. В данном типе мировоззрения почти полностью отсутствует личностная составляющая, следовательно, идеи являются объективными и рациональными. Напротив, художественно-эстетическое мировоззрение носит ярко выраженный эмоционально-образный характер. В отличие от научного мировоззрения, здесь достаточно сильна личностная творческая составляющая. Суть художественно-эстетического мировоззрения в творении некоей реальности и в исправлении недостатков окружающего мира посредством творчества. Данный тип мировоззрения характерен преимущественно для создателей эстетических объектов и ценителей искусства. Рассмотрим вопрос о том, какой тип мировоззрения является наиболее распространённым в современном обществе. С одной стороны, научный тип мировоззрения в эпоху научно-технического прогресса должен иметь максимальное влияние на население. Ежедневно публикуются результаты различных научных исследований, люди могут ознакомиться с трудами учёных на самые различные темы. Образование достаточно распространено и таким образом, человечество должно обладать пониманием того, что наука даёт объективные и точные знания. Однако, искусство сопровождает человечество практически на всём пути сознательного социального развития. Таким образом, естественный вывод, к которому и можно прийти, в современном мире не может существовать единственный тип мировоззрения. Человек должен составлять свою собственную картину мира используя различные источники, будь то результаты научных исследований или предметы искусства. Эта проблема рассматривается в сравнении с концепциями современных философов, в частности с концепцией формирования мировоззрения человека у Юргена Хабермаса[2]. Как и любое мировоззрение человека именно сегодня по-прежнему остается актуальным вопрос не только сравнения научного типа мировоззрения с искусством, что и определяет современную картину мира как «постмодернизм»[3], но оценки мировоззрения как аксиологической проблемы.

Список используемых источников:

1. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: ИНФРА-М, 2020
2. Хабермас Ю. От картин мира к жизненному миру // Habermas J. Von den Weltbildern zur Lebenswelt. — М., 2011
3. Постмодернизм. Энциклопедия / сост. А. А. Грицанов, М. А. Можейко. — Минск: Интерпрессервис: Книжный Дом, 2001

### **Трансформация профессиональной ментальности студентов МАИ по направлению подготовки «24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»**

Горбунов Г.В., Симонов К.И., Баранова М.В.  
Научный руководитель — к.соц.н. Почестнев А.А.  
МАИ, Москва

На сегодняшний день проблема определения своего будущего перед молодёжью встаёт острее, чем десять лет назад. Это связано со стремительным изменением социального и профессионального пространства. Развитие ИИ, нейросетей, цифровизации и автоматизации приводит, с одной стороны, к изменению востребованности тех или иных профессий, а с другой, изменению требований подготовки к ним. Цифровизация увеличивает темп жизни и загруженность молодежи, а это, в свою очередь, отнимает время на обдумывание своего

будущего. Выбор профессионального пути производится нерационально или бессознательно. Таким образом вырастает количество ошибок выбора и цена этих ошибок: неверно выбранная профессия и вуз в самом начале трудового пути может оказать значительное негативное влияние не только на жизнь самого человека, но и на предприятие, где он работает, на качество реализации производственных задач. Ошибка выбора приводит к демотивации работников, отсутствию желания продвигать свое предприятие, не вовлеченности в реализации задач и креативный поиск, освоение новых профессиональных направлений [1]. Эта проблема особо актуальна для предприятий ракетно-космической отрасли. Определение наличие этой проблемы на стадии обучения в вузе, в частности МАИ (НИУ) позволяет скорректировать процесс на более ранних стадиях принятия решения.

Целью данного исследования было определение сдвига профессиональной ментальности у студентов в процессе обучения. Объектом стали студенты МАИ (НИУ), проходящие подготовку по направлению «24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», предметом — профессиональные установки и факторы выбора вуза и работы. Методология исследования базировалась на идее оценки состояния профессиональной ментальности (ценностей и предпочтений) современной молодежи по шкале «заинтересованность трудом и созиданием» vs «профессиональный гедонизм и создание «зоны комфорта». Исследование базировалось на данных опроса студентов. Было опрошено более 100 человек. Опрос был анонимным. В качестве основной схемы анализа был выбран процессный подход, который предполагает сравнения данных «до», «во время» и «после» обучения. Респондентам был задан ряд вопросов, позволяющих определить положение респондента на вышеуказанной шкале.

Результаты исследования показали, что на момент поступления в вуз желаемая профессия совпала с той, на которую абитуриенты поступили: 10% отметили точное совпадение, а около 50% отметило частичное совпадение, у трети респондентов совпало лишь направление (техническое, гуманитарное, естественное), но не отрасль. Полное несовпадение отмечалось у 10%. Это говорит о плохой информированности студентов в процессе принятия решения о выборе специальности или об отсутствии возможностей поступления на желаемое направление. Из всех студентов около 65% процентов выбрали текущую профессию из-за интереса к ней и желания сформироваться как специалист в данной области, а для остальных 35% было безразлично чем заниматься, и определяющим фактором являлась материальная обеспеченность. Таким образом, мы зафиксировали смещение мировоззрения на сторону «заинтересованность трудом и созидания» на первоначальном этапе поступления в вуз. Но что же происходит далее? В ходе обучения студенты видят моральное устаревание информации, отсутствие перспектив с полученными знаниями, низкий уровень заработной платы для данной профессии в отрасли, и они теряют интерес к профессии и учебе и смещают свое мировоззрение на сторону «профессионального гедонизма» и профессиональной лени. В итоге только 25% пойдут по окончании вуза в ракетно-космическую отрасль, 25% этого делать точно не будут, а 50% находятся в состоянии нерешительности. Если они все же решат пойти в ракетно-космическую промышленность, то предприятия получат вялого в работе сотрудника с недостаточной подготовкой. Такая ситуация отражает неэффективность вложения средств в обучение студентов и провоцирует формирование негативной рабочей ментальности. Однако это характерно не только для данной специальности, подобная ситуация наблюдается и при подготовке по гуманитарным направлениям в других вузах [2], т.е. это системная проблема, а не проблема вуза и решаться она должна на высшем государственном уровне, а не на локальном.

Список используемых источников:

1. Цыганкова Инга Владимировна, Потуданская Вера Федоровна, Цывэй Ян Факторы мотивации молодежи при выборе профессии// Экономика труда. 2019. №4, с 1545 — 1550.
2. Руслан Агарунович Абрамов, Иван Владимирович Морозов, Даниэла Ираклиевна Наскидашвили Оценка влияния качества современного образования на трудоустройство выпускников вузов // Образование. Наука. Научные кадры. 2019. №1, с.71-75.

## **Космическая гонка сверхдержав: угроза экологии**

Гордеева Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

В настоящее время развитие космических технологий и исследование космоса — это один из возможных путей решения таких глобальных проблем как перенаселение, нехватка ресурсов, обеспечение связи, интернета и навигации в самых отдалённых точках планеты, а также единственный способ обезопасить человечество от угрозы столкновения Земли с астероидом.

Процессы глобализации в XXI веке подтолкнули страны к международному сотрудничеству в сфере освоения космоса, но спустя два десятилетия можно сделать вывод, что подобный подход, несмотря на свою эффективность в достижении общих целей, несёт в себе существенные недостатки для стран-участниц при возникновении политических разногласий.

Космическое соперничество как явление, ранее возникшее в XX веке между США и СССР, теперь развивается между частными компаниями и государственными корпорациями лидирующих в освоении космического пространства мировых держав, таких как КНР, США, РФ и Индия. Соревнование в исследовании космоса способно спровоцировать мощный скачок в развитии технологий и научных открытий, поспособствовать удовлетворению нужд военного сектора.

Тем не менее, прежде чем и далее ускорять космическую гонку, необходимо учесть её влияние на экологию Земли и ближний космос.

Околоземное космическое пространство — отдельная экосистема планеты, которая способна влиять на развитие других подсистем. На данный момент лишь малая его доля затронута действиями человечества, и во многом эта сфера до сих пор остается неисследованной. Несмотря на то, что с каждым годом открытий становится все больше, сила его влияния на земную жизнь до сих пор недооценивается.

В связи с невозможностью на данный момент избавиться от спутников на «орбите захоронения», а также с наличием обломков, пыли и прочего мусора на орбите, перед выведением в космос новых тысяч космических аппаратов требуется резко нарастить усилия по разработке технологий очистки космического пространства во избежание последствий от эффекта Кesslera. В противном случае существует риск негативно повлиять на будущие запуски космических аппаратов и подвергнуть опасности существующие.

На данном этапе заинтересованные организации и отдельные страны совершают маленькие шаги по избавлению космического пространства от загрязнения и военного противостояния, стремясь гарантировать здоровое будущее для планеты и человечества. Однако переход на этап крупного межгосударственного сотрудничества в ближайшие года не ожидается, в то время как проблема космического мусора наоборот становится серьезнее.

Список используемых источников:

Список литературы

1. Жаров С.В. Анализ экологических рисков в освоении космоса // С.В. Жа-ров. Вестник СибАДИ. выпуск 2 (12), 2009. с.91-98.

2. Костючек С.В., Власов С., Васин А.А., Фокина А.А. — «Космическая гон-ка» в стратегическом треугольнике США-РФ-КНР: сравнительный анализ// Конфликтология / nota bene. — 2021. — № 3. DOI: 10.7256/2454- 0617.2021.3.36886 URL:[https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=36886](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=36886)

3. Основные положения Федеральной космической программы 2016-2025 // Роскосмос URL: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (дата обращения: 28.02.2023).

## **Философские и морально-этические аспекты развития систем виртуальной и дополненной реальности**

Гринько Д.В.

Научный руководитель — Григорьев А.В.

МАИ, Москва

Научно-технический прогресс на протяжении всей истории человечества обладал неоднозначностью в умах многих людей. В качестве примера можно разобрать до сих пор ходящий в обществе миф о жутком вреде компьютерных игр для психического здоровья человека. Из научных исследований видно, что видеоигры в крайне редких случаях могут стать одним из множества негативных факторов, влияющих на поведение человека, но сами по себе они не несут в себе никакой угрозы, а зачастую, напротив, выступают релаксирующим видом деятельности, ничем не хуже увлечения музыкой или рисованием. И хотя дискуссии о конкретной степени возможного влияния всё ещё продолжаются, тезисы о неприменном вреде и обвинения компьютеров во всех проблемах несомненно являются ошибочными. Ошибочно и мнение об огромном вреде мониторов для зрения — хотя 20-30 лет назад действительно даже кратковременные воздействия имели заметные последствия, современные устройства такого недостатка не имеют и при соблюдении рекомендаций по использованию полностью безопасны. При этом видеоигры крепко вошли в культуру и на них основаны целые отдельные отрасли экономики.

Тем не менее полное погружение в виртуальную реальность — это качественно иной уровень воздействий, а кроме того, технология является новой (полноценные потребительские решения впервые появились в продаже в 2016 году) и премиальной, то есть она нацелена на узкий круг потребителей и потому данных о последствиях её работы совсем мало. При этом важно отличать маркетинговые объявления от полноценных устройств погружения в полностью интерактивную виртуальную реальность — хотя проблемы имеются в обоих случаях. Для беспокоеств по поводу использования полноценного VR имеется множество оснований, включающих часто появляющиеся во время и после погружения тошноту, головокружение и кратковременное нарушение восприятия реальности и координации движений. Дополненная реальность имеет ещё больше проблем — даже не смотря на крайне малый опыт её использования, результатом взаимодействия с её игровым представителем из-за невнимательности уже стали тысячи смертей и увечий по всему миру.

В то же время имеются также достаточно интересные и перспективные позитивные стороны рассматриваемых технологий. Виртуальная реальность помимо игр и военных тренировок используется также в сферах образования и творчества, а возможности по созданию произведений искусства в виртуальной реальности при наличии достаточной степени развития значительно превышают таковые в действительности — можно только представить, насколько великолепные творения могут возникнуть, когда творцу доступно бесконечное количество красок, любых материалов, возможность коллективного творчества а также вдохновение следующее за прогулкой по нескольким разным планетам. Из этого можно сделать вывод, что технологии погружения в виртуальную реальность открывают перед человечеством огромный пласт новой культуры, которому ещё только предстоит полноценно сформироваться. Однако и здесь возникают поводы для опасений — насколько новая культура будет соответствовать моральным нормам нынешней? А не возникнет ли между ними неразрешимого конфликта? Ведь вместе с творчеством и наукой в новую индустрию быстро проникают и разнообразные виды вредоносного контента. Возвращаясь к теме качественно иного уровня погружения, необходимо также отметить и уже разрабатываемые прямо сейчас системы нейрокомпьютерных интерфейсов, то есть систем прямой передачи информации между мозгом и компьютером. Такие системы уже несколько десятилетий используются для нейропротезирования. Но в этой сфере их функционал крайне ограничен, и в первую очередь тем, что лишь заменяет ранее имеющиеся, но утраченные по тем или иным причинам органы. А вот применительно к виртуальной реальности на данную технологию строятся далеко идущие планы — ведь с её помощью можно добиться создания

по настоящему неотличимой от действительности реальности. Важно также заметить, что из-за механизма работы нейронных интерфейсов возможно не только передавать соответствующий реальности опыт, но и всячески дополнительно его модифицировать — к примеру, добавить к ощущениям человека существование третьей руки, или заменить в виртуальной среде все конечности на щупальца — а значит эта технология потребует крайне осторожного обращения, не говоря уж о этических проблемах уже на этапе тестирования, а тем более внедрения таких вещей в жизнь людей, и на данный момент мы можем лишь гадать, какие последствия будет иметь использование такой технологии.

## **Будущие инженеры о важности и сложности планирования времени**

Гуреева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

Практически каждый человек периодически сталкивается с тем, что у него слишком много задач и совершенно не хватает времени, чтобы их выполнить. Ученые выяснили, что качество жизни у людей повысилось, но одновременно с этим вырос и уровень стресса, потому что многие берут на себя больше обязательств, чем в состоянии выполнить. Студенты делают все в спешке, пытаясь совместить учебу с работой, что часто влияет как на успеваемость, так и на здоровье. Если научиться эффективно планировать множество дел, сохраняя при этом спокойствие и контроль над ситуацией, то вероятность достижения успеха в профессиональной и других сферах жизнедеятельности будет гораздо выше [1]. Будущая деятельность инженера особенно требует навыков планирования своего времени. В связи с этим данная тема приобретает все большую актуальность в современном обществе [2; 3].

В феврале 2023 года автором проведено исследование методом анкетного опроса, основной целью которого было выявление отношения студентов МАИ к планированию своего времени, необходимость и факторы, влияющие на это. В качестве респондентов выступили 169 студентов МАИ (58% — мужчины, 42% — женщины).

Опрос показал, что обучающиеся постоянно (32%) или периодически (39,6%) ощущают нехватку свободного времени. При этом треть опрошенных отмечают, что у них остается 3-4 часа свободного времени в день, еще столько же указали более 4-х часов. Достаточно много времени студенты тратят в течение дня на передвижения, 45,6% опрошенных в среднем затрачивают на дорогу 1-2 часа и 20,5% больше двух часов.

Большинство опрошенных считают, что дефицит времени связан с тем, что в повседневной рутине слишком много отвлекающих факторов, которые не позволяют сконцентрироваться на главных делах (51,5%). Более трети опрошенных (40,9%) полагают, что это происходит из-за того, что они не умеют грамотно распределять своё время и не умеют планировать.

Подавляющее большинство опрошенных будущих инженеров считают, что очень важно уметь планировать свои дела в современном мире. Планирование, распределение, расстановка приоритетов, постановка целей помогают человеку справиться как с профессиональными обязанностями, так и с повседневными делами. Когда респондентам был задан вопрос, можно ли научиться планировать свои дела, то 90% ответили, что это может сделать каждый человек при желании. Однако у многих с этим возникают сложности. Главная проблема, связанная с планированием времени — сложность грамотно распределить свои силы и возможности (36%). Вторая проблема, которая возникает при планировании — оценить, сколько времени понадобится для поставленной задачи (34%). Большинство опрошенных будущих инженеров стремится выполнить большую часть запланированных дел, но что-то остаётся нереализованным (таких 65,5%). Основными факторами, мешающими реализовать свои планы, по мнению большинства респондентов (около 57%), является собственная лень. На втором месте — неопределённость внешних обстоятельств (53,8%), а третье место занимает неумение оценивать время, которое потребуется для реализации того или иного дела (39,8%).

Ситуации неопределенности возникают достаточно часто, далеко не все в нашей жизни и работе или учёбе мы можем контролировать. В таких случаях важно быть гибкими, научиться маневрировать и предусматривать запас времени. Опрос показал, что почти половина опрошенных студентов спокойно относятся к возникновению непредвиденных ситуаций и перестраивают свой план.

Таким образом, исследование выявило, что студенты, обучающиеся на технических специальностях, осознают важность планирования времени, но не всегда могут полностью реализовывать свои планы. В этом им мешает как собственная лень, так и неопределенность внешних обстоятельств.

Список используемых источников:

1. Коган Е.А. Успешный человек глазами будущих инженеров// Человеческий капитал. 2020. №3 (135). С.120-127
2. Лукашенко М.А. Телегина Т.В. Тайм-менеджмент: стратегия подготовки студентов к сессии без авралов// Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 2. С. 63-73.
3. Реунова М.А. Представления студентов университета о самоорганизации времени // Вестник ОГУ. 2013. № 2 (151). С. 209–213.

## **Изучение отношения студентов СФ МАИ(НИУ) к традициям и обычаям**

Гутарова В.С.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

СФ МАИ, Ступино

*«Сила народа — в продолжении традиций!»*

*Народная мудрость*

В современных условиях изучение вопроса об отношении студентов к традициям и обычаям является назревшей необходимостью для повышения мировоззрения студенческой молодежи и сохранения традиций и культуры русского народа. Для изучения данной проблематики в отдельно взятом регионе Московской области в городском округе Ступино в СФ МАИ (НИУ) с 6 декабря по 8 декабря 2022 г. был проведен социологический опрос посредством анонимного анкетирования на тему «Изучение отношения студентов к традициям и обычаям».

В этом опросе приняли участие 50 студентов, обучающихся на первом и втором курсах дневного отделения по направлению подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. Обучаемым было задано 11 вопросов для определения и анализа результатов их ответов по отношению к традициям и обычаям различных народов и в том числе русского народа.

Вопрос о гендерной принадлежности показал заметное преобладание лиц мужского пола (78% студентов) на технических специальностях. Женская часть представлена 22% респондентов. Наибольшую долю составляет 1 курс — 46% опрошенных, 2 курс — 54% студентов.

На вопрос о том, могут ли знания традиций и обычаев другого народа оказаться полезными в трудной ситуации за рубежом, 90% обучающихся ответили утвердительно, 10% респондентов — отрицательно.

На вопрос: «знаете ли вы о том, что есть традиции в России, которые пришли к нам из-за рубежа, например, наряжать елку или совсем новые традиции: праздновать Хэллоуин, Католическое Рождество, День святого Валентина и т.п.?», большинство студентов (94%) ответили положительно. Несогласие выразили 6% опрошенных, от ответа никто не воздержался.

Около половины респондентов (46% студентов) ответили, что знакомы с традициями и обычаями своего народа. 48% опрошенных заявили, что они частично знакомы, 6% опрошенных не знакомы с традициями и обычаями своего народа.

По поводу влияния знаний о традициях и обычаях другой страны на мировоззрение подрастающего поколения высказались положительно почти три четверти опрошенных

респондентов (76%). 18% респондентов не видят в этом необходимости, а 6% студентов не дали чёткого ответа на поставленный вопрос.

Социологи особо акцентируют внимание на том, что отмечать праздник Новый год в семейном кругу — давняя традиция россиян. С этим высказыванием согласились 74% респондентов, 14% студентов не согласны с этим мнением и 12% опрошенных воздержались от ответа на этот вопрос.

Возвращение к национальным традициям русского народа, моральным и религиозным ценностям в качестве основы будущего нашей страны не поддерживают половина опрошенных респондентов (50%). 32% студентов высказывают противоположное мнение, затруднились с ответом 18% респондентов.

На вопрос: «Интересно ли было бы Вам познакомиться с традициями и культурой народов России?» — утвердительно ответило 80% студентов, отрицательно 14% опрошенных и затруднились с ответом только 6% респондентов.

Своими знаниями о количестве народов, проживающих в России, блеснули 26% респондентов, затруднились ответить 28% опрошенных и 46% студентов ответили неправильно. В качестве справки для правильного ответа на этот вопрос: на территории России проживает более 190 народов, в число которых входят коренные малые и автохтонные народы страны.

Поскольку знания о традициях и народностях нашей страны являются показателями культуры среди элиты молодого поколения — студенческой молодежи, то правомерно был задан следующий вопрос о желании иметь больше знаний о разных культурах и традициях. Оказалось, что большая часть студентов стремится их получить (84%), почти десятая часть респондентов (12%) не считает это необходимым и 4% опрошенных затрудняются ответить на данный вопрос.

Подводя итог, можно отметить следующее: знание культуры любого народа предполагает не только умение разговаривать на языке этого народа, но и влечет за собой необходимость разбираться в традициях, обычаях, религиозных особенностях, кулинарных предпочтениях, юридических вопросах и во многих иных важных моментах их повседневной жизни.

Список используемых источников:

- 1.Ален де Бенуа. Определение традиции // Альманах «Полюс», 2008. — № 1. — С. 3-4.
- 2.Старчикова И.Ю. Культурологический аспект изучения иностранного языка // Глобальный научный потенциал. — 2019. — № 2 (95). — С. 25-26.
- 3.Шакурова Е.С., Старчикова И.Ю. Язык как составляющая культуры в современном обществе // Перспективы науки. — 2020. — № 1 (124). — С. 160-163.
- 4.Тер-Минасова С.Г. Язык и межкультурная коммуникация. Издательство Московского университета. Москва. 2008. 146 с.

## **Война и наука**

Жарков Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Иванов М.А.

МАИ, Москва

Существует расхожее мнение, что война-двигатель прогресса и науки. При этом приводят примеры стремительного развития радиотехники в период 1-й мировой войны, создания интернета для военных нужд, радаров, ракетной техники и многого другого [1]. Эти примеры создают мнение, зачастую иллюзорное, что без войны наука и техника не могли бы развиваться или не развивались бы такими быстрыми темпами. Нам представляется, что такой взгляд не отражает всей сложности связи войны и науки; в современных условиях, когда глобальная война может уничтожить и науку, и современную цивилизацию, указанное мнение должно быть критически рассмотрено и скорректировано.

В свое время (более ста лет назад) В.И. Вернадский написал провидческую статью «Война и прогресс науки» [2]. Он подчеркнул как позитивное, так и негативное влияние войны на развитие науки: война возбуждает научное творчество, устремляет силы и мысли

исследователей в новые области научных исканий, связанных с войной [Там же, с.65], создаются новые виды военной техники и технологии, умножающие силы разрушения (хотя одновременно создаются и средства защиты от разрушений). Война возбуждает человеческое творчество, но это творчество фокусируется на войну. Вместе с тем, «война наложила свою тяжелую руку ... на развитие науки»: исказила природу науки как международного вида деятельности, прервала общение между учеными и обмен научными данными между ними, нарушила привычный уклад деятельности людей науки, направив их работу на военные рельсы; она повлияла на психологию ученых, возбудив недоверие и даже ненависть между ними, отравила на многие годы их потенциальное сотрудничество [Там же, с.69-71]; война нанесла сильный удар по экономической жизни, сократив инвестиции в науку, не связанную с задачами войны. Указанные особенности взаимосвязи войны и науки характерны и для современных условий.

Таким образом, война и развивает науку, и тормозит ее прогрессивное движение; усовершенствует в определенном направлении (иногда весьма узком) и не способствует развитию во многих других отношениях.

Имеет ли это противоречивое взаимодействие войны и науки границы или оно будет продолжаться «вечно», пока существует человечество? Очевидно, так не должно быть всегда. В противном случае войны, усиленные мощью науки, уничтожат человечество и все остальное, что напоминает о нем. Должны ли мы ограничить науку в ее работе на войну и стремиться исключить войну из жизни человечества? И не будет ли осуществление второго условия ограничителем развития науки, как об этом утверждают сторонники тезиса «Война — двигатель прогресса»? Прежняя история рассматривала науку, главным образом, как средство ведения войн. Однако наука может развиваться и без влияния войны. Ценностные характеристики науки и техники весьма различны [3, с. 229-241]. Большинство прорывных технологий и научных открытий было получено учеными и изобретателями в мирное время под воздействием их субъективных стремлений к познанию и изобретательству, под влиянием экономических потребностей и иных невоенных факторов. Это значит, что нет неизбежной и необходимой связи между наукой и войной. Во всяком случае, в будущей истории человечества существующая сейчас связь науки и войны должна быть разрушена путем уничтожения войн.

В указанной статье Вернадский пишет о том, что ученые не в состоянии прекратить войны. Он говорит о войне, как о сложном социальном явлении, подготавливаемом предшествующим ходом истории, об утопичности устремлений «положить предел будущим войнам»[2, с. 66]. И все же, он отмечает, что есть факторы, способные ограничить ее влияние: это создание средств защиты от разрушительных сил войны; это формирование морального негодования, связанного с ужасом войны и ее последствий; это политические и социальные действия, направленные на ограничение и устранение милитаризма. Немалая роль в этих действиях принадлежит ученым и научным организациям.

Современное развитие науки показало, что ученые ищут пути прекращения войн. Это говорит о самоорганизации науки и об осознании ею того факта, что работа науки на войну приведет к самоистреблению человечества и гибели самой науки. В 1955 году это особенно ярко было выражено в Манифесте Рассела-Эйнштейна. В нем говорилось о необходимости нового мышления, нового сознания в современную эпоху, исключающего войны из истории человечества [4]. Эти задачи были развиты в Пагуошском движении ученых (1957) и многих других общественных и научных мирных начинаниях. Но только ученым прекратить войны невозможно. Как это сделать — глобальная проблема всего человечества. Если эту проблему не удастся решить, то будущее современной цивилизации не имеет перспектив.

Список используемых источников:

1. Мишин В.В. Война как двигатель научно-технического прогресса. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35012438> (Дата обращения: 11.02.2023)

2. Вернадский В.И. Война и прогресс науки / «Что ждет Россия от войны?» : // Прометей, 1915. С.63–76. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/war1914/chegozhdet/index.htm> (Дата обращения: 11.02.2023)

3. Иванов М.А. Аксиологические аспекты техники и технической деятельности / История и философия науки (Философия науки): учебное пособие. Под ред. проф. Ю.В. Крянева и др. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Кнорус — 2019. — 418 С.

4. Манифест Эйнштейна–Рассела. URL: <https://tovievich.ru/news/10581-manifest-rassela-jejnshjtejn-a-migu-neobhodim-antropologicheskij-paguosh.html> (Дата обращения: 05.02.2023).

### **Роль основного вопроса философии при проектировании систем искусственного интеллекта, включая системы управления беспилотными летательными аппаратами**

Жёлудева З.А., Желтяков К.Д., Накоряков И.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Нетребская О.Н.

МАИ, Москва

В работе исследуется, каким образом проявляется основной вопрос философии и как он может быть применён при инженерном проектировании систем искусственного интеллекта (ИИ), то есть систем управления в робототехнических комплексах (РТК) в том числе беспилотных летательных аппаратах (БЛА).

Основной вопрос философии — это вопрос о соотношении материи и сознания (идеи), или, иначе говоря, идеального и физического мира.

В этом контексте анализируются понятия, имеющие отношение к программно-аппаратному обеспечению РТК (и БЛА): целеполагание, данные, информация, знание, цельное знание.

В определённых ситуациях противоречия между материальной и идеальной сущностями аппаратно-программного обеспечения становятся значимыми. Снятие этих противоречий возможно при обращении к концепции цельного знания, выработанной Русской философией конца XIX-начала XX вв.

Цельное знание, по определению основоположника данного учения В.С. Соловьёва — это органический синтез теологии, философии и опытной науки. Таким образом, это синтез различных видов познания как рационального, так и иррационального.

Данные — это сигналы (процессы или явления) физического мира, несущие сообщения, формально представленные в материальном носителе в знаковой (символьной) форме, например, в виде текстов, последовательностей электромагнитных импульсов и т.п., без априорно определённого конкретного целеполагания их практического использования.

Информация в сообщении содержит контекстно-зависимый смысл (идеальную сущность) данных, передаваемых с определённым целеполаганием.

Знание — проверенный практикой результат познания действительности, верное её отражение в сознании человека, форма существования и систематизации результатов познавательной деятельности человека.

Целеполагание — действие, направленное на осознанный выбор целей и определение средств и способов их достижения.

### **Малая авиация в России как социокультурный феномен**

Заикина К.Н., Туряк В.В., Лазарев А.С.

Научный руководитель — профессор, к.ф.н. Моторина Л.Е.

МАИ, Москва

Уровень развития малой авиации России не соответствует уровню экономического развития страны, поэтому тема малой авиации России является очень значимой и актуальной. Из-за того, что сфера применения самолетов малой авиации в нашей стране, с ее географическими и климатическими особенностями, весьма велика, развитие малой авиации играет большую роль. Всё чаще высказываются предложения и готовность общества содействовать этому развитию. Однако на этом пути могут встретиться некоторые социальные проблемы. Целью этой статьи является анализ этих социально-философских

проблем, на основе которого будет предложен один из вариантов их решения — создание общественного патриотического движения в поддержку малой авиации.

Первой социальной проблемой является просветительская проблема. Она заключается в низкой осведомленности людей о том, где и как можно реализовать себя и как найти единомышленников, чтобы вместе двигаться к общей цели — развитию малой авиации. К примеру, если обратиться к истории, то при упоминании термина «малая авиация» сразу вспоминается ДОСААФ — добровольное общество содействия армии, авиации и флоту России. В это общество люди могли прийти по собственному желанию и получить все необходимые навыки. С ее появлением, по всей стране стали создавать военно-спортивные кружки и организовывать аэроклубы. Это помогало объединять людей и укрепить дух патриотизма, так как малая авиация являлась мобильным резервом в случае начала военных действий.

Вторая социальная проблема — проблема образования. К частным авиационным центрам предъявляются слишком жесткие требования. Это привело к тому, что большинство частных школ лишились сертификатов, и осталось всего несколько учебных центров, сконцентрированных в центральной зоне России. То есть у людей из дальних регионов России недостаточно образовательной базы для обучения в этой сфере. Такое положение дел существенно разъединяет людей, создает неравные условия для самореализации и приводит к уменьшению кадров в сфере малой авиации.

Просветительская проблема и проблема обучения влечет за собой вторую немаловажную социальную проблему — нехватку кадров в данной сфере. На 2-м Всероссийском конгрессе АОН — авиация общего назначения, от 29 июля 2021 года президент федерации АОН озвучил статистику, которая наглядно демонстрирует положение малой авиации в России: Количество самолетов малой авиации: в Англии — 20400, во Франции — 14600, в России — 7500. Количество аэродромов: в Англии — 680, во Франции — 450, в России — 400. Количество частных пилотов: во Франции — 40000, в Англии — 27000, в России — 9000. Из приведенной статистики можно сделать вывод, что главным ресурсом для развития малой авиации является человеческий фактор. Кооперация людей и объединение их общей целью окажет положительное влияние на развитие данной сферы.

Решением данных проблем в какой-то мере может стать создание нового общественно-патриотического сообщества в поддержку малой авиации, объединяющего сторонников возрождения малой авиации. Его целью станет возрождение и развитие малой авиации в России. Отличительным элементом этого сообщества будет поднятие патриотического духа у его участников. Этот эффект будет наблюдаться за счёт сплочения большого количества людей, объединенных одной идеей — развитие малой авиации, которая пойдет на пользу Родине.

Главным инструментом будет являться просвещение людей, наставничество и курирование их движения с самого начала пути вплоть до приобретения желаемого профессионального статуса. То есть, будет налажена и продемонстрирована единая траектория, по которой можно прийти в эту сферу. Еще со школьной парты у учеников будет возможность посещать ознакомительные лекции в аэроклубах или каких-то учебных заведениях, на которых, к примеру, им расскажут историю малой авиации, расскажут, как можно начать свой путь в этой сфере или какие кадры требуются. Это не только привьет любовь к авиации с раннего возраста, но и даст понимание того, что в этом сообществе можно найти единомышленников, которые готовы не только прийти на помощь, но и дать полезный совет.

Данное сообщество будет направлено не только на привлечение пилотов, но и авиационных механиков и наземных служб. Такой комплексный подход в привлечении и подготовке новых кадров даст возможность полностью охватить весь спектр служб и организаций, требующихся для стабильного функционирования малой авиации. Сообщество в поддержку малой авиации сможет объединить людей со всех регионов России и даст начало развитию региональных авиационных центров для малой авиации, что, впоследствии,

снимет проблему неравных условий членов гражданского общества для самореализации в этой области.

Итак, к развитию малой авиации надо подходить системно. Рассматривать ее не только, как производственный или технологический процесс, но и как социальный феномен, который напрямую связан с общественным гражданско-патриотическим движением в России.

Список используемых источников:

1. Воробьева И. — Большие проблемы малой авиации //Прямые инвестиции, 2008. № 2 (70). С. 50-53.
2. Дикань Н.С., Туманник Г.Н. — Общественный статус малой авиации//Творчество и современность, 2020, №1. (12). С. 163-169.
3. Панцева Е.Ю., Бурханов И.Р., Гараев А.А. — Проблемы развития малой авиации в современных условиях// Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 103-108.

### **Перспективы человека в условиях техногенной цивилизации**

Иванов Е.И., Кудлай Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Уже с древних времен человек пытался улучшить свою жизнь. Это выводило прогресс на новый уровень, и в результате постоянно повышалось качество жизни. В 18 веке люди изобрели машины, которые дали начало промышленной революции. В настоящее время жизнь человека неразрывно связана с различной техникой как в повседневной жизни, так и во время работы, научных исследований. Мы повсюду используем машины: в промышленной сфере, где они выполняют за нас сложную, тяжелую, а иногда и опасную работу; в науке, здесь компьютеры производят сложные математические вычисления и моделирование опытов; в медицине — для диагностики болезней и для совершенствования своего тела. Тотальное внедрение технических устройств в нашу жизнь привело к появлению особого типа мировоззрения.

Трансгуманизм — это философское и интеллектуальное движение, которое выступает за техническое улучшение человека. Если говорить простыми словами, посредством имплантов и протезов тело человека может быть радикально модернизировано. Одно из ведущих направлений трансгуманизма выступает за слияние мозга человека и компьютера. Исследования в этой области уже проводятся и инвестируются многими крупными компаниями, такими как Neuralink, Black Neurotech, Science Corp. Такие «умные» импланты будут способны вернуть контроль над телом при параличе, являются лучшим решением для управления кибернетическими протезами, позволят подключаться напрямую ко всемирной сети Интернет. Однако это далеко не конечная цель этих компаний — в будущем согласно их проектам человеческое сознание будет интегрировано с компьютером.

С каждым годом людей все больше интересуют результаты слияния человека и машины. Кому-то хочется продлить жизнь своих близких, кто-то мечтает жить вечно, а кому-то интересно покорять открытый космос, к среде которого организм человека с такими изменениями будет приспособлен. Разговоры о способах модификации человека с целью экспансии космоса сейчас как никогда актуальны, так как ресурсы на нашей планете в недалекой исторической перспективе подойдут к концу.

Остается один из главных вопросов: в каких формах будет проходить слияние человека и машины? Всем известно, что характер формируется на основе жизненного опыта. Однако если сознание будет перенесено в робота, то, таким образом, будет формироваться другая личность. Оцифрованное сознание будет являться лишь копией изначального человека, и уже через мгновение после своего «рождения» начнет жить своей жизнью, в то время как оригинал останется в своём теле. Можно ли это считать успешной оцифровкой сознания? Не будет ли это похоже на ещё один вариант клонирования человека, которое повсеместно запрещено мировым сообществом. Или трансгуманизм должен ограничиваться

модернизацией человека кибернетическими имплантатами? В каком все-таки виде человек будет осваивать бескрайние просторы космоса? Есть еще много вопросов, которые уже сейчас ждут ответов.

Список используемых источников:

1. «Вестник омского юридического института «Научно-практический журнал / Гл. ред. Ю.П. Соловей. — Омск, 2010. Глава «Цифра как буква современности» — 110-114 с.
2. Маслова А. В. Перспективы естественного интеллекта человека в свете развития тенденций трансгуманизма // Научный результат. Социальные и гуманитарные исследования. 2022. Т. 8. №2. С. 149-159
3. Крайнов А. Л. Ценности постчеловеческого будущего: проблема выбора // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Философия. Психология. Педагогика. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 16–20.

## **Сравнительный анализ факторов выбора высшего образовательного учреждения студентами МАИ и других вузов**

Ивлева А.А., Недякин А.П.

Научный руководитель — к.соц.н. Почестнев А.А.  
МАИ, Москва

Выбор направления профессиональной подготовки является актуальной проблемой с момента формирования индустриального общества, она также актуальна и по сей день и связано это с проблемами дальнейшего трудоустройства выпускников, сложности обучения в связи с отсутствием необходимых качеств и способностей студента, рабочей и образовательной мотивацией. Выбор вуза и профессии осуществляется абитуриентами под влиянием ряда факторов. Одни способствуют созданию гармонии в профессиональной подготовке и ориентируют студента на интеллектуальную деятельность и творчество, которое необходимо постиндустриальному обществу, а другие влекут за собой ошибки выбора и разочарование студентов. Последнее сводиться к тому, что государство и сами студенты тратят свои ресурсы на неэффективную образовательную деятельность. В данном контексте исследование факторов выбора вуза современными абитуриентами приобретает дополнительную ценность и позволяет определить направления развития такого направления как профессиональная ориентация.

Целью исследования стало сравнение внутренних и внешних факторов, влияющих на выбор вуза у студентов МАИ и студентов других вузов. Объектом исследования стали студенты вузов, в том числе и МАИ, предметом исследования — факторы выбора вуза и трудоустройства выпускников. В основу методологии исследования было положено представление о том, что внутренние факторы выбора вуза связаны с понятием «самореализация человека», а внешние — те, которые создают ограничения выбора, и те, что навязываются общественным мнением. Гипотеза исследования заключалась в следующем: выбор вуза на основе внутренних факторов создают гармонию в образовательной и трудовой деятельности, а на основе внешних создает дисбаланс. Исследование базировалось на данных опроса 80 человек. Средний возраст респондентов составил 22 года. Представленность мужчин и женщин была примерно одинаковой. В качестве метода анализа данных использовались поиск центральных тенденций в частотном распределении признаков и сравнительный анализ категорий.

В результате исследования оказалось, что доминирующего фактора выбора абитуриентами конкретного вуза нет. Распределение не имеет четкую доминанту. Наиболее популярными факторами выбора стали: наличия конкретного направления в МАИ (60%), для вузов других направлений схожее соотношение (технические вузы (63,3%), экономические и гуманитарные вузы (70%)); престижность вуза МАИ (40%), другие технические институты близки к указанному значению (36,4%), а гуманитарные и экономические вузы имеют меньшее значение (15%), для университетов число наибольшее из представленных (57,1%); совет семьи для МАИ (30%), для других технических учебных заведений (36,4%), для гуманитарных и экономических направлений вдвое меньше (15%), для университетов

(35,7%); востребованность профессии в МАИ (23,3%), других технических вузах (18,2%), экономических и гуманитарных (30%), а в университетах (50%); близость расположения МАИ (3,3%), других технических институтов (23,7%), гуманитарных и экономических (20%), университетов (21,4%). Помимо вышеперечисленных причин встречались также и другие проблемы, в том числе непоступление в желаемый и рассматриваемый изначально вуз и наличие военной кафедры. Таким образом, стало очевидно, что большинство опрошенных реагировали на внешние факторы, что противоречит современной концепции самореализации личности. Согласно теории Ф. Герцберга, такое положение дел с нашей точки зрения окажет сильное влияние на мотивацию трудоустройства и работы по специальности. Будущие сотрудники будут мотивироваться не внутренними потребностями, а внешними стимулами.

У большинства участников опроса ожидания от обучения в МАИ оправдались (63,3%) и большинство респондентов уже работают или же планируют работать по специальности, полученной в МАИ (63,3%). В других технических вузах у большей части опрошенных ожидания оправдались (90,9%), также и в университетах (71,4%). Для экономических и гуманитарных институтов у большей половины респондентов оправдались ожидания (55%). Таким образом, наша гипотеза о негативном влиянии внешних факторов не подтвердилась. В ходе обучения студенты увлекаются профессией.

Однако идея самореализации, которая имманентно присуща постиндустриальному обществу, связанная с идеей свободы, творчества, удовлетворенности профессией не является популярной. Только 53,3% респондентов из МАИ считают, что образование необходимо для собственного развития. Остальные ответы касались необходимости образования в связи с задачами достижения престижности, построения карьеры, заработка и т.д. Образование является условием или средством достижения других социальных целей, что характерно для индустриального общества.

Список используемых источников:

1. Жукова Елена Анатольевна Специфика профессиональной адаптации человека постиндустриального общества // Вестник ТГПУ. 1999. №1 (10).. с.38-42.
2. Фуртаева Е. И. Актуальные проблемы процесса социализации современного человека // Самореализация потенциала личности в современном обществе : материалы международной научно-практической конференции 28–29 апреля 2013 года.– Прага: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2013. с.7-9
3. Еремичкая И.А. Мотивационные и гигиенические факторы трудовой деятельности работников университета// Международный журнал экспериментального образования. — 2016. — № 5-2. — С. 229-231

## **Осмысление проблемы восприятия цвета в философии и науке:**

**от И. В. Гёте до Л. Витгенштейна**

Киселев Д.А.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.  
МАИ, Москва

В докладе сравниваются позиция Гёте, близкая к психологическому толкованию восприятия цвета как фактора, влияющего на сознание человека и через это определяющегося[1], и теория цвета Витгенштейна, которую он называл «логикой цветовых понятий», связанная с концепцией «языковых игр»[2; 3].

Так, если Гёте говорил о том, что для возникновения цвета «нужны свет и темнота, светлое и темное», то есть свет и не-свет, приписывая желтому цвету наибольшую близость к свету, а синему к темноте, и выводил остальные цвета, рассматривая их как «полусвет, полутень», из этой пары, и вместе с тем приписывал каждому цвету значение, которое он несет для человека, тем самым определяя его воздействие на сознание, назначал цвету пару, дополняющую его, то Витгенштейн подходил к цвету как к элементу языка, выполняющего определенную роль. Он проводит анализ использования понятий связанных с цветом.

Каждый цвет Витгенштейн мыслит отдельно и лишь пытается определить, не приписывая физических и психологических коннотаций, так как считает, что понимание способа использования цветовых понятий не достижимо методами психологии и физики, «геометрию цветов», то есть способ употребления цветовых понятий в их взаимосвязи, говоря о неочевидности некоторых утверждений о цвете.

Для сравнения в работе приводятся научная теория цвета Исаака Ньютона из его сочинения «Оптика» и современное научное понимание природы цвета.

Таким образом, в докладе представлены и сравниваются различные понимания теории цвета: психологическое, философское и физическое[4].

Список используемых источников:

1. Гёте И. В. Учение о цвете. — М.: АСТ, 2022.
2. Витгенштейн Л. Заметки о цвете. — М.: Канон+, 2022.
3. Витгенштейн Л. Zettel. — М.: Ад Маргинем Пресс, 2020.
4. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. Учебное пособие. Магистратура. — М.: ИНФРА-М, 2020.

## **Проблема свободы в романе Сартра Ж.-П «Тошнота»**

Кострицына А.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Сухно А.А.

МАИ, Москва

В повседневной жизни люди часто используют термин «свобода», и каждый человек хотя бы раз задумывался о его значении исходя из личного опыта. В основном свободу приравнивают к отсутствию ограничений, к возможности делать все, что хочется. Такое понимание вписывается в рамки обыденного сознания. Сартр же в своих трудах проводит линию между обыденным и экзистенциалистским пониманием свободы: в его представлении люди обречены иметь свободу, то есть должны нести полную ответственность за свои поступки, которые они выбирали. Обречены, потому что эти поступки в совокупности представляют то, как человек себя осуществляет, как он себя реализует в контексте своего существования, что представляет собой его жизнь.

Французский мыслитель обращает внимание на свободу действия, борьбы, поскольку свобода осуществляется через практическую деятельность, которая предполагает ограничения и обстоятельства. Альтернативы являются обязательным условием свободы, так как их отсутствие означает отсутствие выбора. В своей концепции свободы Сартр показывает, что пленник, имеющий множество ограничений, всегда свободен, поскольку у него есть выбор оставаться на месте или же бежать. Пленник обречен выбирать, так как обречен осуществляться, формировать свою жизнь. Наличие препятствия формирует различные варианты действий, что дает возможность выбора. Следовательно, препятствия реализуют свободу, но при рассмотрении ситуации с другой стороны получается, что свобода даёт различные альтернативы поведения. При их отсутствии человек бы не воспринимал препятствия как таковые, видел бы их как часть его жизни, то есть как её условие.

В романе «Тошнота» Сартр описывает постепенное осознание человеком своей свободы. Главный герой, Антуан Рокантен, в течение книги все глубже и глубже проникает в суть вещей и понимает, что они ничем не отличаются друг от друга: красная скамейка трамвая вполне может быть издохшим ослом — и что вещи не есть «я» как сознание. Тошнота появляется, когда главный герой остро осознает, что предметы вокруг не есть «я», и выкидывает Рокантена из обыденного существования, осуществляет разрыв привычной жизни, обнажением собственного сознания. Именно подобные условия позволяют главному герою постигнуть свободу, поскольку они отбрасывают социальные представления о мире, то есть дают альтернативу восприятия мира. Они позволяют главному герою взглянуть на себя без социального давления, постигнуть свое существование, обращаясь к внутренним ценностям: «что я хочу делать?», «почему я живу?». Первый приступ случился, когда

Рокантен хотел бросить гальку в море, и ему внезапно стало противно, страшно. В конце того же дня он посмеялся с себя и ощутил, что прекрасно вписывается в окружающий мир. Главный герой маскирует свою свободу социальной жизнью и целями людей, где идет заведенным порядком, и прячется среди других людей. Приступ тошноты начал взламывать социальную жизнь главного героя, его социальный статус.

Приступы тошноты трансформируют обыденный, понятный мир в чужой, пугающий, не имеющий смысла. Вещи словно срываются с цепи обыденного представления, теряют всякую рациональность, данную им людьми. Почему они существуют? Для чего они здесь? Неоправданность их существования приводит к тому, что вещи начинают казаться «лишними», их подлинного, не навязанного людьми смысла нет, они просто есть.

В конце книги главный герой приходит к важному для себя выводу, что у него всегда была одна неизменная цель: изгнать из себя существование, избавить каждую секунду от его «жировых наслоений». Ему надо делать что-то такое, что не принадлежит существованию. Но воображаемое — то, что не принадлежит существованию, то, что имеет смысл. Его не существует, ведь оно всегда за пределами существования: песня за пределами голоса и музыки, роман за пределами листов и чернил. Сам роман как творчество не является средством оправдания существования человека, книга сама по себе является целью, предполагая и реализуя человеческую свободу.

Список используемых источников:

1. Сартр Ж. П. Тошнота: [роман] / Ж. П. Сартр. — М.: Издательство АСТ, 2018. — 317 с.
2. Сартр Ж. П. Экзистенциализм — это гуманизм / Ж. П. Сартр. — М.: Издательство Варгус, 2006. — 215 с.
3. Сартр Ж. П. Бытие и ничто: / Ж. П. Сартр. — М.: Издательство АСТ, 2020. — 1072 с.

## **Философия «искусственного интеллекта» и его проблемы**

Кривун К.В.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Что такое искусственный интеллект? Рассмотрим это понятие с философской точки зрения. Начнем с того, что уже привычно используемый в русском языке термин «искусственный интеллект» является неточным переводом с английского «artificial intelligence». В английском языке есть слово *intellect* соответствующее русскому «интеллект». Тогда слово «intelligence» правильнее было бы перевести как «умение рассуждать разумно». Соответственно более точный перевод должен был бы быть примерно таким: «что-то искусственное, умеющее рассуждать разумно». Слово искусно восходит к древнегреческому слову *техне* — умение, ремесло, навык. Поэтому по-русски принято говорить: «искусственный интеллект» [1; 2]. Общепризнанного определения этого термина нет. Разумность поведения животных и машины может быть разной: разумность машины всегда как бы «запаздывает», но только если мы «отпускаем» машину вести себя разумно, то только тогда ее реакции у нас, как у наблюдателя со стороны могут вызвать удивление и даже восхищение, как ведет себя машина. Но если мы участвуем в конструировании, в создании такой машины, мы ее программируем, то она может вызвать в нас только лишь подтверждение, удовлетворение, что мол, это мы не ошиблись в нашей работе. По определению, данному Джоном Маккарти в 1956 г.: «искусственный интеллект — это свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека». Отсюда возникают две «трудные проблемы сознания»: во-первых, как понять термины «творческие функции» и почему обязательно надо вести отсчет от человека как законодателя и носителя интеллекта? Например, фантастическое допущение, если какая-то не человеческая цивилизация создаст суперинтеллект, которому человеческие «творческие функции» покажутся совершенно несущественными и неинтересными, то должны ли мы считать его на этом основании неразумным? В 1950 году Алан Тьюринг опубликовал статью, в которой фактически предложил считать искусственным интеллектом такое устройство или такую систему, чьи рассуждения человек

не может отличить от человеческих. Тьюринг и писал о возможностях создания искусственного мышления, близкого к человеческому. Поэтому антропоцентричность его теста была вполне естественной. У подобных тестов есть и еще один недостаток. Предполагается, что интеллектуальный уровень человечества (или хотя бы тестируемых) не будет деградировать. А это утверждение, мягко говоря, спорное. Отсюда возникает извечный философский вопрос о том, что такое знание, как и когда мы можем осознать, что что-либо знаем? Таких типов знания всего четыре: узнавание, воспроизведение, анализ и синтез. Решению этой проблемы были посвящены логические исследования конца XIX — начала XX века [3; 4; 5]. Какие достижения ИИ следует ожидать в ближайшем будущем? Видимо, самым крупным достижением станет создание беспилотных аппаратов, способных самостоятельно принимать решения в нестандартных ситуациях. Это относится и к авиации, и к наземной технике. Как к боевым системам, так и к гражданским. Можно ли говорить о недостатках внедрения таких интеллектуальных систем? Да, необходимо! Так как от внедрения систем с ИИ может пострадать и сам человек, от не решения проблем, поднятых в научной фантастике (у А. Азимова, С. Лема), до психологических страхов перед искусственным пилотом. Отсюда, как и много лет назад, по-прежнему, актуальны философские проблемы и вопросы, что такое знание, как разграничивать умозаключения и выводы? Как определить самого человека, как отграничить его от не-человека?

Список используемых источников:

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. — М., 1958.
2. Гуссерль Э. Кризис европейских наук. — М., 1998.
3. Каринский М. И. Классификация выводов // Избранные труды русских логиков XIX века. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 3-177.
4. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: Инфра-М, 2020.
5. Шевцов А. В. Московская философско-математическая школа. Логика и философия математики. Н. Е. Жуковский на 1 Конгрессе математиков в Цюрихе в 1897 г. // Логико-философские штудии. 2018. Т. 16. №1-2. С. 92-94.

## **Будущие инженеры о связи поколений и их качествах**

Миленький А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

2022 год был объявлен годом народного творчества и культурного наследия. В связи с этим особую значимость приобретает связь поколений, которая обеспечивает передачу ценностей, традиций и норм молодым людям.

Большой вклад в исследование преемственности поколений, передачи культурных традиций внесли такие российские ученые, как Дулина Н.В., Широкалова Г.С., Мансуров В.А., Пронина Е.И. и другие [1; 2].

В 2022 году было проведено масштабное всероссийское исследование, инициированное Российским обществом социологов, посвященное культурному наследию и связи поколений. Студенты Московского авиационного института также приняли участие в этом опросе. В качестве респондентов выступили 205 студентов МАИ (55% — мужчины, 45% — женщины).

Опрос показал, что большинство будущих инженеров поддерживают тесную связь со своими родными, отмечают совместно традиционные праздники и поддерживают традиционную культуру (76%). Около половины респондентов считают с опытом своих родных и с их мнением, используя опыт в быту, а также в выборе профессии (48%). Важные качества и умения молодежи формируются не только в семье, но и в школе, а также в вузе [3].

Большинство студентов МАИ отмечают, что в идеальном обществе людям должны быть свойственны такие качества, как взаимопомощь, доверие, знание традиций и культуры своего народа, его языка, а также взаимное уважение старших и младших поколений. В тоже время в реальном обществе преобладает ориентация на личный успех и выгоду, свойственно

недоверие к другим людям и отсутствие уважения к более молодым людям. Также виден разрыв между желаемым и действительным в таких характеристиках, как соблюдение моральных норм, ответственность за себя и за других. Отметим, что большинство опрошенных студентов (70%) считают, что в современном обществе присутствует уважение к старшим.

Для старших поколений в гораздо большей степени, чем для молодых, характерны такие качества, как ответственность, трудолюбие, добросовестность, самодисциплина, верность. Зато современные студенты своими преимуществами считают гибкость, способность к адаптации, чувство юмора, социальную активность, которые в меньшей степени характерны для людей старше 30-40 лет.

Таким образом, разрыв поколений ощущается самими студентами, но они оказались достаточно критичными по отношению к современному обществу и к самим себе.

Список используемых источников:

1. Дулина Н.В., Засыпкин В.П., Мансуров В. А., Пронина Е. И., Широкалова Г. С., Шкурин Д.В., Юрьев П. С. Культурные традиции и связь поколений // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2022. № 5 (80). С. 151-154.

2. Дулина Н.В., Мансуров В. А., Пронина Е. И., Широкалова Г. С., Шкурин Д.В., Юрьев П.С. Народная культура в оценках российской студенческой молодежи // Научный журнал. Социология и управление. 2022. Т. 8. № 3. С. 61-78.

3. Коган Е.А., Пронина Е.И.

От рутинной работы до творческой инициативы: как школа и вуз влияют на формирование личностных качеств и умений? // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 5. С. 118–132.

## **Симфония науки: связь музыки и математических предметов**

Мусихина А.А.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В представляемом докладе рассматриваются вопросы, возникавшие еще в эпоху Античности в Древней Греции. Имеется ли связь между музыкой и действительностью, между музыкой и прекрасными гармоничными формами? В представляемой к докладу презентации это убедительно демонстрируется. Именно в гармонии, как музыке сфер древние греки находили законченность и совершенство мироздания. Например, еще Пифагор видел в числовых комбинациях гармонику сфер и изобрел монохорд, который показал связь золотого сечения и благозвучность музыкальных интервалов[1, с. 1-19]. Когда мы знакомимся с текстами Платона или Аристотеля, то видим в них прежде всего гармонию, музыку сфер, отсюда возникает мысль, а не связаны ли строй мыслей человека с этой гармонией, которую можно выразить музыкой: До этой мысли догадались древние греки. Аристотель, по упоминанию А. Ф. Лосева считал, что «...совершенными делает людей не обучение, а переживание и определенная расположенность души»[2, с. 64]. Поэтому Аристотель и не порывал с риторикой, а как раз, напротив, всячески пропагандировал занятие риторикой, как искусством и методом убедительной речи. Это искусство у Аристотеля нашло наиболее полное выражение в идеале фронесиса, как творческого познания высшего блага, которое становится доступным благодаря внутреннему созерцанию чистого бытия. Переходной фигурой между Платоном и Аристотелем был Евдокс Книдский, известный своим методом исчерпывания, который он применял в своей математике[3, с. 130]. О связи музыки и науки есть свидетельства о пифагорейце Гиппасае, которое зафиксировал Бозций во фрагменте «Наставление в музыке», что согласно Гиппасае и Эвбулиду, «порядок [интервалов] таков: октава, квинта, октава и квинта, кварта, двойная октава»[3, с. 154]. В этой же связи приведем здесь статью Ханса-Георга Гадамера «Что есть истина?», в которой Гадамер обращаясь к досократикам, связывает постижение истины наукой с музыкой сфер у греков и исчислениями. Таким образом, на примере нашего доклада и презентации мы видим, что гармония и даже симфония математики и науки

прослеживается вплоть до древнегреческой натурфилософии от нашего времени. Подчеркивается рецепция древнегреческой философии в русской философии на примере изучения наследия М. И. Каринского [4, с. 79-91].

Список используемых источников:

1. Розенов Э. К., О применении закона «золотого деления» к музыке, «Известия Спб. Общества музыкальных собраний», 1904, вып. июнь — июль — август, с. 1-19; Тимердинг Г. Е., Золотое сечение, пер. с нем., П., 1924; Мазель Л., Опыт исследования золотого сечения в музыкальных построениях в свете общего анализа форм, «Музыкальное образование», 1930, No 2.
2. Лосев А. Ф., Тахо-Годи А. А. Аристотель. Жизнь и смысл. М., 1982.
3. Фрагменты ранних греческих философов. Часть I. М.: Изд-во «Наука», 1989.
4. Шевцов А. В. М. И. Каринский и русская гносеология конца XIX — начала XX века. — М.: Мир философии, 2017.

## Эра космической экспансии

Опря А.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Прогнозируемое заселение другой планеты будет величайшим достижением человеческой расы, но принципиальное значение имеет цель освоения нового космического объекта. Не существует единого мнения или стандартного определения, что есть такое освоение. В современном научном обществе и литературе популярна тема поиска и колонизации так называемой Земли 2.0., как резервного места для продолжения жизни человеческой цивилизации. Существует множество мнений и экспертных заключений на эту тему, однако, как правило, большинство из них представляют собой лишь гипотезы без достаточных серьезных исследований и практического подтверждения.

Для полного завладения другой планетой современные учёные различают несколько отличных друг от друга направлений возможных действий: поиск и колонизация планет, максимально соответствующих условиям жизни человека; воплощение комплексного сценария для воссоздания земных условий на чужой планете или астероиде, иногда это определяется понятием «гомеостаза»; разработка и применение последовательностей мутагенных изменений ДНК человека для соответствия внешним условиям жизни в новой окружающей среде; создание искусственных биосферных космических объектов.

При широкомасштабном и полном завоевании чужой планеты, даже обладающей характеристиками, сходными с земными, колонизаторы столкнутся с огромным количеством значительных трудностей. Перечень условий для полноценной жизни человека в другом мире, которые должны быть соблюдены при его освоении, так велик, что процесс выбора нового дома сопоставим с самим фактом зарождения жизни на Земле. Вероятность полной пригодности чужой планеты для земной жизни сегодня составляет одну стомиллионную процента. И это при том, что на безопасное существование человеческого организма влияние оказывают показатели пригодности, исчисляемые тысячами. Помимо безопасной и комфортной окружающей среды для первых переселенцев решающее значение будет иметь возможность продолжения человеческого рода, что является самоцелью и обязательным условием при выполнении анализа осуществимости процесса. Также важнейшим фактором, влияющим на успех, является продолжительность жизни человека.

Исследования американского ученого Арона Берлинера и его коллеги Криса Маккея относительно устройства колонии на Марсе указывают на то, что помимо достижения необходимого для дыхания состава атмосферы, другим важнейшим обстоятельством оказывается соответствие состава кислорода и углекислого газа для запуска и поддержания процесса фотосинтеза. Фотосинтез может оказать существенное положительное влияние на наполнение атмосферы пригодным для дыхания газом.

Другие исследователи, например, известный астрофизик Юрий Яковлев (Харьков), придерживаются прямо противоположного мнения и полагают, что переселение на Марс —

тупиковая ветвь развития резервных или новых мест обитания человека, так как разница между силой притяжения Земли и Марса приведет к дегенерации мышечной массы человека и не позволит продолжить развитие человеческой расы. По его мнению, основные усилия необходимо сосредоточить на создании поселений на низкой околоземной орбите с последующей экспансией в глубокий космос.

Автономные научно-исследовательские станции, имеющие прикладное значение, например, для ретрансляции данных, потребуют привлечения относительно небольших ресурсов и будут иметь принципиально меньшую сложность возведения по сравнению с переселением людей в стабильные и пригодные для жизни звездные миры.

При всём многообразии теоретических изысканий специалистами на практике в настоящее время освоен только поиск и анализ физических свойств экзопланет, возможно пригодных для жизни, но находящихся вне досягаемости современными ракетно-космическими средствами ни в ближайшем, ни в обозримом будущем.

Возможно, путь решения вопроса освоения новых планет будет найден необычным способом и сам космос подскажет его. Эволюция человеческого вида продолжается многие десятки тысяч лет, от момента расселения людей по континентам с постоянной трансформацией человеческого организма в зависимости от среды обитания. Не исключено, что первые переселенцы на планеты солнечной системы после продолжительного пребывания там приобретут новые, уникальные свойства организма, которые принципиально изменят ситуацию и позволят безболезненно адаптироваться к условиям, отличным от земных.

Активное освоение космоса человечеством продолжается уже более шестидесяти лет. В конечном счете эволюция может привести к возникновению совершенно новых видов. Экспансия неизбежна и ее время наступит.

Список используемых источников:

1. Морозов С. Л. Идеология космической экспансии // Воздушно-космическая сфера. 2019. №1(98). С. 50-61.
2. Багров А. В. Когда мы полетим к звездам? // Воздушно-космическая сфера. 2019. №2(99). С. 50-55.
3. Клевцов П. Б. Философское наследие русского космизма в контексте XXI в. // Вестник СПбГУКИ. 2012. №3(12) сентябрь. С. 164-169.

### **«Философии арифметики» Э. Гуссерля как начало разработки феноменологии Пещерова А.А.**

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.  
МАИ, Москва

В 1897 г. состоялся Первый международный конгресс математиков. Вопросы и темы, которые на этом конгрессе обсуждались, не были посвящены исключительно достижениям математической техники и науки [1]. Математические проблемы, оказавшись логическими, вызвали потребность в философском изучении и обработки информации. Через три года после Первого математического конгресса в Париже состоялся Первый международный конгресс, на котором разбирались вопросы философии математики, продолжились острые споры об основаниях математического мышления [1; 2; 5]. В такой интеллектуальной обстановке и появился первый цикл работ Гуссерля, главным из которых была «Философия арифметики» (1891), которая зацепила внимание, прежде всего, как первый крупный труд Гуссерля, последний период его творчества и работ, связанный с математикой и философией математики. Дескриптивная психология и критический анализ, который мы видим в «Философии арифметики», становятся почти приближенной основой феноменологии Гуссерля периода «Логических исследований» (1900–1901 гг.). Помимо этого, «Философия арифметики» в ряду огромного числа работ времен XIX–XX вв. причисляется к разделу оснований математики, ставшей одним из главным источником философии науки,

философской логики и аналитической философии. В «Философии арифметики» он был в поисках найти «последние основания», на которых, по его мнению, обязано стоять все здание арифметики — если она представляется строгой наукой в действительности. Гуссерль пытался искоренить эту нововведённую логику и философию математики от популярных в теории познания психологизмов в те времена [1; 3; 4; 5]. При исследовании Гуссерля атомарных фактов теории познания, привело к обнаружению им так называемых «феноменов» сознания. С одной стороны, избавлением от психологизмов и проникновением таких установок в универсум науки. С другой стороны, это давало бы Гуссерлю открытие уникальной и перспективной системы для философии и логики, на основании которой построить строгую науку было бы возможно, как строгой философии и логики, которых сравнивали с основаниями математики. В качестве эталона для своей новой философии Гуссерль видел как математическую логику, так и формальную логику. Таким образом, сознание в математике конструктивно, но создает оно не натуральные числа, а их «заместителей», т. е. как бы «феномены» мира чисел в сфере познания и развития. Но большие числа человеческий мозг «не может сосчитать», и здесь оно оперирует только их «заместителями» — символами, феноменами, чтобы быть способным считать. На примере формирования идей феноменологии мы видим, как Э. Гуссерль шаг за шагом разрабатывал и совершенствовал свою теорию, переходя от задачи восприятия числа нашим сознанием и до создания новой теории — «Логические исследования» (1901-1902) и «Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии» (1909). На примере построения философии и логики Э. Гуссерлем мы видим образец смелости научного исследования [5; 6].

Список используемых источников:

1. Гуссерль Э. Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии. Кн. 1. — М., 2009.
2. Гуссерль Э. Логические исследования. Минск, 2000.
3. Зотов А. Ф. Современная западная философия. — М., 2001.
4. Шевцов А. В. Имманентная философия Вильгельма Шуппе в контексте неокантианства (К вопросу о ее рецепции в русской философии начала XX в.) // Христианское чтение. — 2018. — №4. — С. 167-180.
5. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. М.: Инфра-М, 2020.
6. Шевцов А. В. М. И. Каринский и русская гносеология конца XIX — начала XX века. — М.: Мир философии. 2017.

## **Возможно ли самосознание у искусственного интеллекта?**

Полушкин Н.А.

Научный руководитель — к.фил.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

С увеличением скорости технологического прогресса, человечество становится каждый раз на шаг ближе к синтезу себе подобных. Можно считать, что создание искусственного интеллекта — одна из стадий этого процесса. Но сможет ли «живая машина» мыслить, понимать окружающий мир, чувствовать как человек? Возможно ли сознание у искусственного интеллекта? И если возможно сознание, есть ли самосознание? Самосознание — осознание человека себя, своих действий и поступков, мыслей и идей, чувств и переживаний, а также своего отношения к людям и к окружающему нас миру. В общих чертах, человек с помощью самосознания познает и воспринимает себя. Сознание — это отвлеченное понятие, его невозможно описать методами естествознания. Без сознания невозможно и самосознания, но нельзя утверждать обратное. Процесс осознания себя, сложен и долог, он требует колоссальной мыслительной деятельности и наличия значительного чувственного опыта. Сознание не существует вне взаимодействия мира и человека, поэтому его нельзя одновременно изолировать от каждой из частей этой связи. Бесспорно, сознание стало способом доказательства реальности природно-предметного мира, и было сопоставлено с интеллектуальной деятельностью. Таким образом, вопрос

сознания и самосознания находится в философской плоскости, о чем говорил еще Аристотель[1]. Однако современные технологии позволяют искусственному интеллекту выводить некоторые умозаключения, схожие с мнением людей. Несмотря на это, возможности ИИ ограничены его обучением или информацией в интернете. Никто не сможет перенести эмоции и чувства в сеть, по крайней мере, таких технологий еще нет. Еще в статье «Сознание и машины» (1960 г.) Хилари Патнэм утверждал, что между сознанием как совокупностью ментальных состояний и программами существует гораздо более глубокое родство. Суть в том, что ментальные состояния, такие, как желания и убеждения, функционируют не разрозненно, а сплетены в некую сеть, напоминающую программные связи импликаций[2]. Профессор Философского факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, В. В. Васильев вслед за некоторыми современными логиками говорит о «трудной проблеме сознания». Безусловно, существуют варианты направлений, с помощью которых получить сознательные машины возможно: 1. Копирование принципов работы человеческого мозга; 2. Полная эмуляция человеческого мозга; 3. Создание машины, исследующей искусственный интеллект и вносящей изменения в свой код. Согласно функциональной модели сознания, сознание существует благодаря функционированию нервной системы и мозга, их единая природа порождает согласованность чувственного опыта, который является истинным фундаментом для мышления[1]. Поэтому «ещё одним фактом, по Сёрлу, является то, что наше сознание оказывает влияние на наше поведение»[2]. Таким образом, ключевой характеристикой сознания является его способность мысленного построения действий и прогнозирования их последствий, контролирование поведения личности, что, безусловно, может сделать машина, но ей не мыслима способность воспринять всё, что происходит в мире, вокруг неё[3]. Поэтому это относится к «трудным проблемам сознания». Обобщая всё вышесказанное, сознание — есть исключительное духовное состояние личности, в котором наряду с восприятием себя доступен мир внешний, такое состояние, в котором моментально сопоставляется то, что человек почувствовал, с тем, что он вообразил. Искусственный интеллект не имеет к этому никого отношения. Соответственно и осознать себя ИИ не сможет.

Список используемых источников:

1. Аристотель. Метафизика / Соч. в 4 т. т. 1. М., 1976.
2. Васильев В. В. Философия сознания: введение // Вестник РУДН. Серия: Философия. 2022, Том 26, №4. С. 735-739.
3. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия: учебное пособие. Магистратура. — М.: ИНФРА-М, 2020.

## **Гражданско-патриотическое воспитание молодежи на примере истории дворянской усадьбы «Сенницы»**

Старчиков А.С.

Научный руководитель — доцент, Мощенок Г.Б.  
СФ МАИ, Ступино

*«Край любимый, край родной! Чудная Россия!»*

*Лариса Балагуто*

С древних времён людей интересовала история родного края. В каждом регионе и сегодня принято изучать историю своей малой родины. Поэтому я решил провести исследование об историческом и культурном наследии прошлого своей малой родины — дворянской усадьбе князей Гагариных — графа Келлера «Сенницы», которая находится в Подмоскowie в селе Сенницы Озерского района, на внутреннем мире владельцев этой усадьбы, на их гражданско-патриотическом и духовно-нравственном воспитании, которое было присуще людям из дворянского сословья.

Актуальность работы заключается в том, что русская дворянская усадьба и её культура — богатейший и уникальный пласт отечественного и мирового наследия, одна из

важнейших составляющих отечественной истории и культуры, на примере которой воспитывается молодое поколение.

Объектом исследования является дворянская усадьба князей Гагариных — графа Келлера «Сенницы».

Предметом исследования являются усадебный комплекс и жизнь владельцев данной усадьбы, их дела и особенности истории данной усадьбы на протяжении периода времени с 1574-2022 гг.

Гипотеза исследования заключается в том, что, через познание своего края, своей малой Родины мы приближаемся к пониманию того, как создаются условия для всестороннего развития личности и совершенствуются индивидуальные качества самого человека, гармонизируется его духовно-нравственное и гражданско-патриотическое воспитание посредством изучения культуры русского народа сквозь призму веков.

Исходя из поставленной цели, были выдвинуты следующие задачи:

- 1) изучить литературу по данной теме и проанализировать её;
- 2) выявить и проанализировать исторические вехи дворянской усадьбы «Сенницы», которые повлияли на судьбы хозяев этого дома;
- 3) через историю дворянских семей, живших в усадьбе «Сенницы», проследить возрождение гражданственности, патриотизма и духовно-нравственного воспитания в тяжёлые времена для России.

Методами исследования явились: дескриптивный, поисковый, компаративный, метод анализа, а также метод систематизации и обобщения.

Безусловно, гипотеза нашего исследования подтвердилась: мы через познание дворянских усадеб приблизились к пониманию необходимости как гражданско-патриотического воспитания подрастающего поколения нашего общества, так и культурного воспитания личности с его духовными и морально-нравственными ценностями. Рассмотренные вопросы патриотического воспитания и формирования национального самосознания молодёжи на примерах героизма графа Келлера, его сына и выдающихся людей прошлых поколений подводят нас к концептуальной значимости преемственной передачи традиций героического прошлого нашей страны последующим поколениям.

В итоге изучения и анализа обработки информации приходишь к выводу, что усадьба князей Гагариных — графа Келлера жила обычной жизнью, но и в тоже время в этой усадьбе на протяжении веков в высших слоях общества (дворянстве) происходило зарождение и культивирование нравственности, духовности и патриотизма.

Хотя дворянская усадьба князей Гагариных — графа Келлера «Сенницы» затерялась на просторах огромной России, но она является неотъемлемой частью страны. История России — это история данной усадьбы. Все события, происходившие в стране с 16 по 21 век, имеют место и нашли своё отражение в жизни владельцев данной усадьбы. Патриотическое и духовно-нравственное воспитание подрастающего поколения неразрывно связано с прошлым нашей Родины, с дворянскими усадьбами как эпохой возрождения культуры и нравственности, патриотизма и духовности, а также памяти о своих предках, которые жили на моей малой Родине.

Таким образом, для современного поколения важно уважительно относиться к российской истории, ко всему тому, что создано и пережито народом за все эти столетия. И хочется закончить словами Ю. М. Лотмана, что «иногда „прошедшие“ культуры для её будущего состояния имеют большее значение, чем её „настоящие“!»

Список используемых источников:

1. Букринская Н.К. Сенницы. Облики прошлого / Н. К. Букринская. — Изд. 6-е доп. — Рязань : Рязанская обл. тип., 2022. — 227 с.
2. Лотман Ю.М. Беседы о русской культуре: Быт и традиции русского дворянства (XVIII начало XIX вв.). — СПб., 2022 — С. 608.

## **Профессиональное выгорание космонавтов как философско-психологическая проблема**

Сукачева А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Сытник В.М.

МАИ, Москва

Профессиональное выгорание космонавтов представляет собой малоизученную проблему, которая имеет различные аспекты, такие как физиологические, психологические и философские. Проблему выгорания специалистов связывают с такими философскими терминами, как экзистенциальный кризис, проблема смысла, феномен отчуждения. С выгоранием в профессиональной деятельности связывают именно утрату смысла работы.

Профессиональное выгорание космонавтов начинается с трудностей, которые испытывает организм при нахождении в космосе.

Влияние нахождения в космосе на физическое здоровье космонавтов: атрофия мышц, ухудшение зрения, проблемы с приемом пищи, застой крови.

Помимо этого, негативное влияние на здоровье оказывает плесень на МКС.

Как следствие, или совместно с физиологическими сложностями пребывания в невесомости возникает ряд психологических проблем. Космонавтам точно также приходится бороться с апатией, эмоциональным выгоранием и стрессом. По словам российского космонавта-испытателя Рязанского С.Н., на борту космического аппарата человек испытывает немало психологических трудностей: одиночество, усталость от рутинной, возникновение конфликтов в экипаже, страх перед неизвестностью [2]. Все это может привести к выгоранию космонавтов.

Понятие «burnout» (выгорание) было введено в науку американским психиатром Х. Дж. Фрейденбергом в 1974 г. для описания особого расстройства личности у здоровых людей, возникающего вследствие интенсивного и эмоционально нагруженного общения в процессе профессиональной работы с клиентами, пациентами, учениками [1]. Впоследствии термин «выгорание» был распространен не только на «помогающие» профессии, но и на весь остальной ряд профессий.

Авторы Т. Кокс и А. Гриффитс перечисляют около 150 симптомов, которые исследователи относят к выгоранию. Среди них наблюдают следующие симптомы: утрата, плаксивость, пониженность и нестабильность настроения, истощение эмоциональных ресурсов, а также ощущение безысходности, отстраненность в общении с коллегами и клиентами, стереотипное отношение. Все это сопровождается типичными для стресса жалобами на здоровье: головные боли, тошнота, головокружение, беспокойство и бессонница. К мотивационным симптомам относится исчезновение присущих человеку мотиваций: старания, энтузиазма, заинтересованности и идеализма; и напротив, появление разочарования, неудовлетворенности, возможен отказ от должности.

Философские аспекты профессионального выгорания исследователи связывают с процессом отчуждения, который рассматривался в немецкой классической философии, а также такими известными философами, как К. Маркс, М. Вебер. Выгорание понимается как процесс отчуждения личности от своей профессиональной деятельности, от смысла своей работы и, в конечном итоге, от самого себя.

Феномен отчуждения по-своему осмысливается в философии экзистенциализма. Так, Ж.-П. Сартр называет состояния «заброшенности», «тревоги», «отчаяния», которые преследуют человека в течение его жизни. Однако специалисты, изучающие космонавтов, их психологическое состояние, отмечают, что эти состояния также испытывают профессионалы, совершающие космические полеты. В учении немецкого философа-экзистенциалиста К. Ясперса именно в пограничных ситуациях человеку открывается его связь с бытием, когда человек находится перед лицом «ничто». Мы также можем трактовать пребывание на борту космического корабля как существование в пограничной ситуации, в которой человек, будучи абсолютно свободным, может выбирать себя и «создавать» себя, создавать истинные смыслы своей жизни и деятельности.

Таким образом, для того чтобы не допустить профессионального выгорания космонавтов и негативных последствий выгорания, которые могут отрицательно сказываться на целях космической миссии, необходимо иметь представление не только о физиологических особенностях нахождения на космическом корабле, но также и о психологических и философских особенностях деятельности космонавтов.

Список используемых источников:

1. Ермакова Е.В. Изучение синдрома эмоционального выгорания как нарушения ценностно-смысловой сферы личности (теоретический аспект) // Культурно-историческая психология. 2010. Том 6. № 1. С. 27–39.

2. Иванов Д. 5 способов оставаться спокойным при стрессе от космонавта Рязанского. URL: [https://moika78.ru/news/2019-09-27/294254-5-sposobov-ostavatsya-spokojnym-pri-stresse-ot-kosmonavta-ryazanskogo/?fbclid=IwAR3g0fi9esTSd6hIWmVhGDEN\\_Vu6qvNV4\\_L4MEoctdegPRu8IHyoajK oNUk](https://moika78.ru/news/2019-09-27/294254-5-sposobov-ostavatsya-spokojnym-pri-stresse-ot-kosmonavta-ryazanskogo/?fbclid=IwAR3g0fi9esTSd6hIWmVhGDEN_Vu6qvNV4_L4MEoctdegPRu8IHyoajK oNUk) (дата обращения: 26.02.2023).

3. Langle A. Burnout — existential meaning and possibilities of prevention // European psychotherapy. 2003. Vol. 4. №1. P. 107-121.

## **Методологические проблемы развития малой авиации в России**

Туряк В.В., Заикина К.Н., Лазарев А.С.

Научный руководитель — профессор, к.ф.н. Моторина Л.Е.

МАИ, Москва

11 часовых поясов, 65 тысяч километров границ, самое глубокое пресноводное озеро — нельзя понять Россию, не зная, что она является крупнейшей в мире страной. На её территории могут одновременно поместиться Китай и США или 8,5 миллионов Монако! Так и ее граждане не всегда могут понять и представить, насколько велика и красива их страна.

На данный момент в Российской Федерации развиты следующие транспортные инфраструктуры: федеральные дороги, региональные дороги и так же железные дороги. Развивая только наземные транспортные инфраструктуры, забываем, что не к каждому региону имеется возможность добраться на них. На помощь нам приходят воздушные пути.

Если обратиться к методологии исследования, первое, что надо отметить, что термин «малая авиация» еще не имеет своего четко определенного содержания. Данному термину не дано четкое определение и в российском законодательстве. Синонимами являются «частная авиация» и «сверхлегкая авиация». На данный момент неопределенность термина «малая авиация» это одна из важных методологических проблем аэрокосмической отрасли. Однако в настоящее время этот вид авиации завоевывает все большую популярность в мире. Для развития малой авиации необходимы небольшие воздушные судна максимальной взлётной массой от 495 кг до 3100 кг и до 5700 кг. Современное развитие авиационной техники — это увеличение числа совершенных приборов на борту ЛА. С каждым годом увеличивается спрос на пилотов, умеющими пользоваться данными приборами и новыми ЛА. На 2023 и 2024 годы запланировано сертификация самолетов типа «Байкал» и «Ладога» соответственно, из чего следует, что малая авиация России не останется без самолетов.

Для развития малой авиации так же необходимы беспилотный летательный аппарат (БПЛА) и дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА). Беспилотники в промышленности предназначены для мониторинга, охраны объектов, а также для ликвидации аварийных ситуаций. БПЛА в сельском и лесном хозяйстве применяются для инвентаризации угодий, создания электронных карт полей лесов, сопровождения контроля агротехнических мероприятий, беспилотные системы способны обеспечить мониторинг инфраструктуры, трубопроводов и территорий, провести инвентаризацию объектов, а также провести экологический мониторинг. В строительстве беспилотники способны выполнять широкий круг работ: от планирования и проектирования строительных работ до контроля качества.

Вся многоаспектность деятельности по возрождению малой авиации в России должна быть рассмотрена с позиций системного подхода как важнейшего методологического

принципа. Для развития малой авиации можно выделить несколько параметров или направлений исследования:

- Просветительская деятельность.

Профессия пилота должна стать ремеслом, ведь пилоты на данный момент очень рано выходят на пенсию, но они могут продолжать свою деятельность, только уже в роли инженера в сфере авиации, так как каждый пилот должен быть хорошим инженером. Исходя из этого, можно сделать вывод, что хороший инженер может быть пилотом, следовательно, возможно развивать просветительскую деятельность в инженерных ВУЗах. Вне рамок образовательных программ студенты смогут пройти программы частного пилота.

- Подготовка кадров.

Для развития малой авиации необходим персонал в сфере авиации, начиная от специалиста по обеспечению полетов до пилота и так же операторов БПЛА и ДПЛА.

- Формирование Центров обучения и сопровождения специалистов малой авиации.

Задачами Центра являются:

- Подготовка кадров в сфере малой авиации.
- Создание новых лицензий для пилотов, что позволит создать новые стандарты малой авиации. Заинтересованной стороной является Росавиация, потому что именно она будет в будущем использовать новые стандарты над всей территорией Российской Федерации.

- Создания системы поддержания летных навыков — одна из важных задач, так как в связи с тем, что военные лётчики, которые находятся в запасе, зачастую не имеют постоянную практику, а сборы проводятся не столь часто.

- Разработка программ на английском, французском и немецком языках для сертификации иностранных студентов по стандартам ИКАО.

- Создание образовательных программ для операторов и специалистов по робототехнике

С помощью данных Центров возможно будет системно решать многие проблемы развития малой авиации в России.

Список используемых источников:

- 1.Крянев Ю. В., Моторина Л. Е., Павлова Т. П. Философия и методология науки, техники и технологии. Аэрокосмический контекст. М.: МАИ. 2017.
- 2.Верякин В. Большая страна нуждается в малой авиации // Транспортная стратегия XXI век. 2013. № 23. С. 14-17
- 3.Просвирина Н.В. Анализ проблем малой авиации в России и возможные пути их решения // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 28 (2). С. 232-238.

## **Теории мультивселенной**

Уткина Д.Ю., Смирнов А.А.

Научный руководитель — к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Догадки о возможном существовании разных миров волнуют умы человечества с давних времен: уже в мифах древних народов описывались различные представления людей о пространстве и времени: так, например, в «Старшей Эдде» (сборнике песен на древнеисландском языке XIII века) упоминается о 9 параллельных пространствах: Мидгард (мир людей), Асгард (мир богов асов), Йотунхейм (земля великанов) и т.д.

В современном мире среди сторонников теории множественных миров немало ученых, среди них: Стивен Хокинг, Макс Тегмарк, Алан Гут, Андрей Линде, Нил Тайсон и др. Также данная теория активно проявляется в творчестве писателей-фантастов. Если вы тоже задаётесь вопросом: «А что, если наша реальность — не единственная?», то можете ознакомиться с творчеством Брайана Фримана, Терри Пратчетта и Роберта Ханлайна.

Теория о существовании параллельных вселенных по сути является философской, научно ее сложно обосновать или опровергнуть. По крайней мере, современная наука пока что бессильна. Изучение Вселенной в целом до сих пор остается невозможным практически, все наши знания о ней базируются на теориях и математических расчетах.

Многие ученые серьезно интересовались философией, ее идеями, а открытия начинаются с идеи, со смелого предположения. Так Альберт Эйнштейн смело генерировал гипотезы, которые привели к созданию теории относительности. И сейчас она объясняет большинство физических явлений. Если обобщить и описать различные теории мультивселенных, то нельзя пройти мимо философских обобщений.

В данный момент истории существующие теории можно разделить на три типа.

Первый тип предполагает существование материальных вселенных, находящихся в определенном пространстве и, теоретически, ощущаемых и воспринимаемых. Наш мир воспринимается как одна из таких вселенных.

Теории второго типа строятся на логических выводах и философских представлениях. Существование параллельных миров в таких теориях возможно в первую очередь ментально. Здесь как в парадоксе Шрёдингера. В данный момент времени в коробке находится либо живой, либо мертвый кот, но теоретически, пока коробка закрыта, существует две параллельные вселенные, в одной из которых кот жив, а в другой — нет. Существование иных миров здесь обусловлено исключительно сознанием человека.

Третий тип теорий основан на том, что параллельные вселенные, хоть и существуют, максимально пространственно изолированы друг от друга, так что не существует возможности познать их в полном смысле слова, остается лишь предположить существование.

В теории логически возможных вселенных применяют понятие «возможный мир», которое объясняется как «возможный ход событий». Это понятие вытекает из известного утверждения Л.Витгенштейна: «Мир есть совокупность фактов, а не вещей!»

Концепция возможного мира, рассматриваемого как единственно существующего мира в пространстве разрабатывалась еще Г.В. Лейбницем. Теория Крипке представляет «возможные миры» как принимаемую и выстраиваемую сознанием вероятность; в теории Хинтикке «возможные миры» — ничто иное как вероятное развитие событий и так далее: теории Э.Андерсона (возможный мир — способ, которым вещи должны быть, чтобы предложение было истинным), Н.Гудмана, Д.Армстронга (возможный мир — специфическая форма сознания каждого отдельно взятого человека, существующая через рефлекссию), и прочие.

Ученый в первую очередь — исследователь, ему необходимо мыслить с размахом и фантазией, выходя за пределы известных и установленных современной наукой границ, чтобы суметь переступить через них. Многие современные изобретения уже были описаны писателями фантастами, так что фантазия действительно ведет мир к новым открытиям. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что логически возможные миры — это гипотетические представления о возможности существования вселенной в том или ином состоянии, то есть «какой могла бы быть наша действительность».

Список используемых источников:

1. Касаткин, А.В. Два подхода к построению семантики возможных миров // Известия Уральского федерального университета. Серия 3: Общественные науки. 2012, №1 (100). С. 32-37.

2. Наумчик, О.С., Смирнов, В.Н. Концепция мультивселенной в литературе фэнтези: от М.Муркока до А.Сапковского // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Литературоведение. 2020, Т. 42. № 3. С. 43–51.

3. Сторожук, А.Ю. Философского-методологический анализ оснований концепций множественных вселенных: лоскутная мультивселенная и инфляционный сценарий // Философия науки. 2014, №4 (63). С. 82–98.

## **Развитие военных технологий как движитель научно-технического прогресса**

Утолина О.Р.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Не секрет, что военная сфера развивается значительно быстрее других. Многие разработки позднее находят применение в повседневной жизни. В истории явно прослеживается влияние военной сферы на научно-технический прогресс. Примерами могут служить предметы обихода, которые когда-то были впервые открыты как раз в военной сфере и лишь с течением времени пришли в жизнь гражданских. К ним относятся знакомые нам консервы, микроволновая печь, так называемый суперклей, повсеместно используемый скотч и многие другие вещи, вошедшие в привычный нам оборот. Нельзя отказаться от использования достижений научного труда в военных целях или поставить какие-то ограничения на это, нельзя установить некие общепринятые правила, которые бы ограничили работу научного сообщества в военных целях и стали такими же безусловными для человечества, как и фундаментальные теории и законы науки. Это связано как с человеческой психологией, так и с существованием культур, которые не имеют представления о научном знании. Об этом писал советский и русский философ, специалист по современной философии проф. Философского факультета МГУ имени М. В. Ломоносова А. Ф. Зотов[1]. Кроме того, любое правило, любая парадигма рано или поздно поддаются переосмыслению, что дает толчок нечто новому в науке. Фейерабенд пишет о том, что никакие «наивные» и шаткие правила не способны охватить все «паутину взаимодействий». Имре Лакатос и Томас Кун считали, что изменения в науке происходят вследствие примыкания ученых к движению, имеющему шансы на успех и признание[1]. О сущности техники также писал немецкий философ М. Хайдеггер в своей небольшой работе «Вопрос о технике» очень хорошо писал о сущности техники[2]. На фоне развития техники можно посмотреть за развитием философии, и видоизменениями в ее фундаменте — в развитии логики. Поэтому можно сделать вывод о том, что развитие логики упреждает развитие технологий, а также и о том, что развитие военной промышленности опережает по своим результатам и развитие гражданской промышленности, и дает тем самым, исключительное пространство для проверки на практике результатов предполагавшихся в умах теоретиков, философов и логиков[3; 4]. Об этом свидетельствует и начавшееся в начале XX века бурное развитие авиации, происходившее как бы в унисон с развитием неклассических логик.

Список используемых источников:

1. Зотов А. Ф. Современная западная философия. М.: Высшая школа. 2001.
2. Хайдеггер М. Вопрос о технике // Он же. Время и бытиею Статьи и выступления. — М.: Республика, 1993.
3. Авиация в России: Справочник / под ред. М. В. Келдыш, Г. П. Свищев, С. А. Христианович. — М.: Машиностроение, 1988.
4. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: ИНФРА-М, 2020.

## **Влияние международных санкций на отечественную авиационную промышленность**

Хажакян В.О.

Научный руководитель — Еременская Л.И.

СФ МАИ, Ступино

Начало СВО повлекло за собой колоссальное давление извне. Продолжают формироваться санкции, призванные «ослабить экономическую базу России и её способность к модернизации». Наиболее ощутимыми для отечественной авиации стали второй и третий пакеты европейских мер, введённые 25 и 26 февраля соответственно, когда были запрещены продажа РФ самолётов и запчастей, а также передача в лизинг и страхование воздушных судов, когда для России закрылось обширное воздушное

пространство. Но уже в середине лета эти санкции были скорректированы — седьмой пакет позволил поставлять услуги и товары авиационной отрасли, но только в количествах, необходимых для обеспечения следования стандартам Международной организации гражданской авиации.

Конечно, это не решило проблем — возникла необходимость в кратчайшие сроки полностью пересмотреть программу развития гражданской авиации в России. Авиапарки крупнейших компаний состоят почти полностью из иностранных самолётов — так, например, на начало марта 2023 года флот «Аэрофлота» состоит из 180 судов, из которых только 2 — российские SSJ-100, но и их комплектация выполнена на 80% иностранными деталями. Такие данные поставили задачу — максимальное сокращение зависимости воздушного транспорта от заграничных поставок — начиная от самолётов и оборудования, заканчивая материалами. Для выполнения данной задачи реализуется целый комплекс мероприятий по повышению устойчивости экономики в условиях санкций. По поручению главы государства расширяется производство двигателей для всей линии российских гражданских и военно-транспортных самолётов, выделяются федеральные средства. Налаживается импортозамещение необходимых деталей.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что международные санкции не достигают заявленной цели, стимулируя развитие отечественной авиапромышленности.

Список используемых источников:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.11.2022 № 2007 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2021 г. № 2454»

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 07.12.2022 № 2238 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 марта 2022 г. № 411»

3. Council Decision (CFSP) 2022/329 of 25 February 2022 amending Decision 2014/145/CFSP concerning restrictive measures in respect of actions undermining or threatening the territorial integrity, sovereignty and independence of Ukraine / Official Journal of the European Union, Brussels, 25.02.2022

4. The EU Sanctions Map [Электронный ресурс]: Restrictive measures in view of Russia's actions destabilising the situation in Ukraine (sectoral restrictive measures). URL: <https://www.sanctionsmap.eu/#/main/details/26/> [дата обращения: 03.03.2023]

## **Философия Г. В. Ф. Лейбница и идея формализации логики**

Харина Т.М., Марченко А.А.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Ещё в древней Греции философы ценили процедуры мышления, поиск истины. Как правильно построить мысль, верно доказать и объяснить её: всё это входит в первую логическую теорию, в которой применяется метод формализации. О проблемах выражения мыслей немецкий философ XVII –первой четверти XVIII вв. Лейбниц пишет уже в одной из своих ранних работ. Он считал, что все истины могут быть выражены в виде логических формул. Эта идея привела к развитию формальной логики, где использование символов и правил позволяет формализовать рассуждения и получить строгие математические выводы. Лейбниц был одним из первых, кто придерживался идеи формализации логики. Он использовал символику, чтобы формализовать понятия и рассуждения, создавая основу для развития формальной логики. Идея формализации процесса мышления поддерживал Лейбниц в проекте «Философское исчисление». Первой его задачей являлось — упорядочение существующих научных знаний. Следующим действием провести анализ данных, чтобы упорядочить их по истине, лишь потом начать создавать тот самый универсальный язык. Благодаря нему люди смогли бы сократить в объёмах труды, чётко формулировать мысли, доказательства и рассуждения. Хотя мечта Лейбница не сбылась, но благодаря некоторым результатам его работ над этой темой он открыл математическую

логику, теорию вероятности, следовательно, благодаря философии появилась новая ветвь, новые знания в математике, физике, химии и других технических науках. Идеи формализации логики позднее стали фундаментом для развития математической логики и компьютерной науки. О роли и значении философии Лейбница, оказавшем определенное воздействие на русскую философию и логику много писали в нашей стране. Так, в частности, укажем на труды русского логика и философа М. И. Каринского (1840-1917)[3, с. 65-67]. Учение Лейбница произвело и воздействие на формирование неклассических логик, но это будет сделано только в конце XIX в., а до этого, в середине XIX в. было продемонстрировано английским математиком Джоном Булем в его алгебре, как вариант формализации для неклассических логик[1].

Список используемых источников:

1. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. М.: ИНФРА-М, 2020.
2. Шевцов А. В. М. И. Каринский и русская гносеология конца XIX — начала XX века. — М.: Мир философии, 2017.
3. Ягодинский И. И. Философия Лейбница.

### **Высшее образование: за и против**

Черкашенко П.А., Камозин Д.Е.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

СФ МАИ, Ступино

Получать высшее образование в нашей стране всегда было престижно, и в последние годы число поступающих в высшие учебные заведения заметно выросло. В современных условиях получение высшего образования является необходимым критерием для получения высокооплачиваемой и престижной работы. С целью изучения отношения студентов СФ МАИ(НИУ) к получению высшего образования был проведен социологический опрос с 26 октября по 28 октября 2022 г. Результаты ответов студентов и школьников были представлены в Google-форме и их можно найти по ссылке: <https://forms.gle/vTVnKu34rQCKizPP9>

В данном опросе приняло участие 53 студента, обучающихся по следующим направлениям подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника; 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов; 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов; 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 38.03.02 Менеджмент со второго и третьего курсов, а также школьники из школы №10 города Ожерелье. Опрошенным респондентам были заданы 10 вопросов для определения и анализа их мнения по поводу получения высшего образования в России и за рубежом.

В вопросе о гендерной принадлежности 60,4% опрошенных являлись представители женского пола. Соответственно, остальная часть (39,6%), мужчины.

Всего в опросе участвовали 13,2% школьников из школы №10 города Ожерелье и 86,8% студентов Ступинского филиала МАИ.

Исходя из результатов ответа на вопрос о важности получения высшего образования, выяснилось, что большинство опрошенных согласны с этим высказыванием (84,9%). Однако, 11,3% студентов не заинтересованы в этом. Затрудняются ответить 3,8% опрошенных. На вопрос «Как думаете, можно ли, не имея высшего образования, получать большую зарплату», большая часть респондентов ответила утвердительно (77,4%). Поровну разделились мнения студентов при ответах «скорее, нет» и «затрудняюсь ответить» и составили 11,3%. Исходя из ответов на вопрос: «Как вы считаете, если бы у вас был второй шанс, вы бы предпочли...», можно отметить, что только чуть больше половины опрошенных пошли бы учиться (61,7%). Только 9,4% купили бы «корочку», а с ответом затруднились 18,9% опрошенных респондентов. Можно сделать вывод, что большинство опрошенных не стали бы нечестным путем получать диплом об образовании, а достигли бы всего сами.

На вопросе «Мешает ли отсутствие диплома построению карьеры?» мнения сильно разделились. 37,7% опрошенных считают, что работодателям важна «корочка», не важно,

каким путем она получена, но 39,6% считают важным именно знания, ведь без них человек просто не справится с работой или выполнит ее не качественно. 17% респондентов ответили отрицательно. Затрудняются ответить 5,7% опрошенных.

На вопросе о получении образования за рубежом ответы разделились следующим образом: 68,8% опрошенных относятся положительно к получению образования за рубежом, 13,2% — отрицательно, а затрудняются ответить целых 17%.

Из вопроса «В какой стране вы бы хотели продолжить получение высшего образования» можно выяснить, что 3,8% предпочли бы для обучения Англию, 3,8% США, 30,2% Европейские страны, 34% Россию, 1,9% Китай, 3,8% Канаду и 7,5% Японию. Ответ «пойду работать, так как семье нужны деньги» был у 1,9% опрошенных и не имеют желания продолжать получать высшее образования 13,1%.

Исходя из ответов на вопрос о качестве высшего образования, Европейские страны лидируют (30,2%), за Россию высказались 28,3% опрошенных, за США 15,1%, за Китай и за Японию отдали свои голоса 9,4% респондентов, за Англию 5,7% ответов и 1,9% за Канаду. Таким образом, радует, что Россия находится на втором месте и уступает лишь Европейским странам.

На вопрос «Если бы была возможность от вашего учебного учреждения уехать учиться по обмену, вы бы согласились?», 64,2% опрошенных ответили положительно, 24,5 — отрицательно и 11,3% затрудняются ответить. На это могут влиять разные факторы, например, страх, языковой барьер, но все же большинство хотело бы попробовать обучение за границей.

Подводя итог, можно отметить следующее: многие понимают важность образования в жизни человека и осознают то, что главное в нашей жизни — это полученное знание и возможность их применения в социуме.

Список используемых источников:

1. Егорова Ю.Б., Уваров В.Н., Старчикова И.Ю., Белова С.Б. О непрерывной профессиональной подготовке обучающихся в Ступинском филиале МАИ // Проблемы современного образования. 2019. № 5. С. 209-221.

2. Старчикова И.Ю., Шакурова Е.С. Духовность, язык и культура. Человеческий капитал. 2020. № 3 (135). С. 228-238.

## **Проектирование интеллектуальных систем. Междисциплинарный подход**

Чечурова М.Д., Мозговая В.А., Артёмова М.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Нетребская О.Н.

МАИ, Москва

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) и современной перспективной робототехники приобретают статус стратегических, поскольку они потенциально могут оказать огромное влияние на различные сферы человеческой деятельности, включая воздушно-космическую отрасль, особенно при проектировании беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Существует два подхода к разработке систем искусственного интеллекта:

1) функциональный: реализация интеллектуальных функций, без точного воспроизведения мыслительных процессов;

2) природоподобный: реализация принципа подобия, который означает копирование биологического организма (например, нейронной сети).

Второй подход предусматривает изучение функционирования когнитивных механизмов живых существ, включая человеческое сознание, и имеет дело с многочисленными дисциплинами, такими как философия сознания, психология, нейропсихология и т.д.

Создание интеллектуальных систем требует применения также и многих других дисциплин из различных областей современного знания, таких как прикладная математика, компьютерная лингвистика, программирование, кибернетика и др. Появились и совершенно новые области знания, связанные с ИИ, такие как онтология, мягкие вычисления и др. Таким

образом, важной методологической характеристикой робототехнической отрасли является обращение к междисциплинарному подходу.

С другой стороны, сам междисциплинарный подход является одной из важнейших черт современного этапа научного развития, называемого постнеклассическим. В нём исследуются сложные открытые, нелинейные системы, что требует использование одновременных усилий нескольких наук. Исследование называется междисциплинарным в том случае, если в нем участвуют ученые из разных научных областей и происходит перенос методов, концептуальных схем из одной науки в другую.

Список используемых источников:

1. Е.И. Юревич «Основы робототехники». Ленинград. 1985
2. Аршинов В.И. «Синергетика как феномен постнеклассической науки». М.: ИФ РАН, 1999
3. Netebskaya O (2021) Integral knowledge as methodologic foundation for design of Artificial Intelligence systems. J Phys: Conf Ser 1925 012064. doi:10.1088/1742-6596/1925/1/012064
4. Нетребская О.Н., Ушаков Н.В. Мировоззренческий аспект исследования и разработки саморазвивающихся систем. Междисциплинарный подход/20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». М. Тезисы. — М. 2021
5. Степин, В. С. Философия науки. Общие проблемы : учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / В. С. Степин. — М.: Гардарики, 2006.

### Обучение техническому письму будущих переводчиков аэрокосмической отрасли

Агапова А.А.

Научный руководитель — Зайченко А.А.

МАИ, Москва

В соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 45.03.02. Лингвистика выпускник программы бакалавриата по профилю «Перевод и переводоведение» должен быть способен создавать и понимать письменные тексты на изучаемом иностранном языке применительно к основным функциональным стилям в официальной и неофициальной сферах общения, а также осуществлять межкультурное взаимодействие в письменной форме как в общей, так и профессиональной сферах. Данное требование обуславливает актуальность и важность формирования и развития у будущих переводчиков продуктивного коммуникативного умения писать.

Целью исследования является обоснование необходимости обучения студентов, осваивающих программу бакалавриата по профилю «Перевод и переводоведение в аэрокосмической отрасли» и специализирующихся в техническом переводе, навыкам и умениям технического письма (технической письменной речи) как на русском, так и на иностранном языках.

Исследование. Под техническим письмом понимается письменно-речевая способность создавать (порождать и оформлять) основные виды текстовой технической документации, а именно: проектные, конструкторские, технологические, эксплуатационные, нормативные, научно-исследовательские и другие письменные тексты, используемые специалистами авиационной и ракетно-космической промышленности в профессиональной деятельности.

Овладение технической письменной речью как самостоятельным продуктивным коммуникативным умением одновременно способствует и развитию собственно переводческой компетенции, поскольку именно основные составляющие умения писать (например, техника письма, орфографический навык, пунктуационный навык, умение выбирать адекватные лексические и грамматические средства, умение логически-связанно организовать изложение текстового материала, умение композиционно и структурно правильно подавать информацию и пр.) обеспечивают качественное оформление текста письменного перевода в соответствии с узусом и нормами литературного языка. Следовательно, от уровня его сформированности в значительной степени зависит успешность выполнения письменного перевода специальных текстов.

Анализ практики подготовки отраслевых переводчиков в ведущих вузах страны выявил факт недостаточного уровня разработанности вопросов обучения письму в целом и отсутствия целенаправленного обучения техническому письму, в частности. Внимание уделяется преимущественно обучению таким видам письма как: академическое письмо, деловое письмо и юридическое письмо. Изучение технического письма как самостоятельной дисциплины может быть обеспечено путем включения дисциплины «Техническое письмо» в качестве элективной в профессиональный цикл учебного плана. Это позволит не только устранить существующий пробел в комплексной языковой подготовке будущих переводчиков, но и заполнить имеющуюся лакуну значимым и востребованным элементом, владение которым является неотъемлемым компонентом процесса формирования гармонично-коммуникативно-развитого специалиста в сфере перевода.

Вывод. В настоящее время остро назрела необходимость разработки теоретических и практических аспектов обучения технической письменной речи (конкретизации цели и задач, уточнения принципов, определения содержания, выбора средств и приемов, отбора языкового и речевого материала, создания комплекса обучающих заданий и упражнений,

определения видов и форм контроля) студентов, осваивающих программу бакалавриата по профилю «Перевод и переводоведение в аэрокосмической отрасли».

Список используемых источников:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 45.03.02 Лингвистика, 2020. С. 7.
2. Зайченко А.А. Подготовка переводчиков: методика содержательного дуализма // Высшее образование в России, 2006. № 4. С. 103-105.
3. Зайченко А.А. О некоторых приемах обучения специальной лексике переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2006. № 1(5). С. 81-84.
4. Зайченко А.А. Методические доминанты интегрированного обучения языку и переводу для специальных целей переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ: Научный журнал. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 1. С. 339-341.

### **Термины, аббревиатуры и усечённые слова, используемые экономистами в авиационной сфере**

Анисимова А.С., Макарова Е.П.

Научный руководитель — Анисова Е.Н.  
МАИ, Москва

Сегодня авиационная сфера занимает значительное место на рынке: авиация позволяет совершать грузоперевозки и перевозки пассажиров на огромные расстояния и тем самым значительно экономить время, что подразумевает экономию денег. В России существуют существенные проблемы в этой сфере, которые реально решить с помощью грамотных специалистов в сфере экономики и менеджмента. Например, высокий уровень регресса авиационной сферы, вызванный нехваткой финансирования данной отрасли, проблема организации внутреннего распорядка авиакомпаний, их влияние на национальную экономику.

У иностранных предприятий больше прецедентов успешного последовательного и плавного развития авиационной сферы, поэтому поиск решения данных проблем возможен через международный уровень. Как правило, иностранные предприятия используют в своей деятельности экономические термины на английском языке. Соответственно, для экономистов, работающих в авиационной сфере в России важно знание аббревиатур и усеченных слов английского языка для компетентного перевода, используемых в работе терминов. У такого специалиста предполагается наличие узких специальных знаний, поэтому необходимо не только знать язык оригинального текста, но и уметь разбираться в тематике, к которой принадлежит перевод.

Авиация предполагает изучение большого количества технической литературы, которая, в свою очередь, включает в себя обилие терминов, сложносокращенных слов, аббревиатур. Целесообразность исследования подобных лексических единиц обусловлена их широким распространением в специализированной научно-технической литературе, связанной с авиационной экономикой.

Актуальность статьи обусловлена необходимостью изучения терминов авиационного английского языка, необходимой для грамотной работы экономистов авиационной сферы, в условиях быстроразвивающейся мировой аэрокосмической промышленности, внедрения новейших авиационных технологий и расширения международного сотрудничества в сфере аэрокосмической промышленности. Исследование аббревиатур также связано с широким распространением сокращённых слов в научно-технической литературе, которая, в том числе, изучается экономистами для дальнейшей работы в данной отрасли

Методология: теоретический анализ, классификация, интерпретация, описательный метод, исторический метод

Целью работы является изучение и анализ аббревиатур, терминов и сложносокращенных слов, используемых экономистами, работающими в авиационной отрасли

Новизна заключается в детальном анализе терминов, используемых в авиационной отрасли экономики, и их переводе с международного английского языка. Специфика исследования заключается в том, что был сужен спектр рассматриваемых терминов и аббревиатур в авиации до тех, что непосредственно связаны с экономикой.

Обзор научных публикаций показывает, что на данную тему активно проводятся исследования. Так, в работе Денисовой О.И. [2] рассматриваются особенности формирования системы терминов, применяемых в авиации, и методам их перевода с английского языка на русский. Внимание также уделяется разным процессам образования терминов, которые обуславливают их функционирование и применение на современном этапе развития языка. Также, в работах Юсупова В.Р., Корепиной Н.А.[3] были описаны трудности, с которыми сталкивается переводчик при переводе технической литературы.

Перевод любого научно-технического текста должен с точностью передавать текст оригинала и соответствовать нормам русского языка. Тексты подобной тематики обладают своими уникальными особенностями и трудностями, которые могут возникнуть при переводе. Проблемы могут возникнуть из-за использования сложных терминов многокомпонентных определительных конструкций, а также сокращений и аббревиатур. В работе Швейцера А.Д. [4] был рассмотрен современный статус теории перевода, были проанализированы основные проблемы переводоведения — сущность перевода, эквивалентность, адекватность и переводимость.

Список используемых источников:

1. Большой англо-русский и русско-английский авиационный словарь. М: «Живой язык», 2011 — 513 с.;
2. Денисова О.И. Особенности формирования и перевода авиационной терминосистемы с английского языка на русский // Вестник МГОУ. Серия: Лингвистика, 2015, № 5. — С. 79-83;
3. Нестеров А.В. Английский язык. Экономика авиаперевозок;
4. Швейцер А.Д. Теория перевода: статус, проблемы, аспекты. — 2-е изд. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. — 215 с.;

### **Способы преодоления языкового барьера, возникающего в процессе коммуникации пилотов и авиадиспетчеров (на примере терминологии ИКАО)**

Антипов А.А.

Научный руководитель — доцент, Левитина А.М.

МАИ, Москва

В данной работе поднимаются способы преодоления недопониманий, возникающих в ходе акта коммуникации между экипажами гражданской и военной авиации и авиадиспетчерами. Пилоты должны уметь четко передавать информацию, чтобы не запутать диспетчеров и других пилотов.

В данном вопросе особое место занимает языковая картина мира, исторически сложившаяся в обыденном сознании определенного коллектива. Так как совокупность представлений о мире варьируется в зависимости от культуры, то при общении на языке профессиональной сферы (в нашем случае — английский язык) пилоты сталкиваются с проблемами передачи и восприятия сообщения.

Причины, служащие источником недопонимания в ходе коммуникации, могут быть следующие: слова-омофоны; различные терминологические значения одной и той же фразы у диспетчеров и пилотов; использование двусмысленных нестандартных фраз; нечеткая или неполная передача информации. Данные аспекты более подробно раскрыты на примерах с участием таких рейсов как: TWA 514, PA1736, KLM4805, SVA763 и KZA1907.

На основе проведенного анализа с целью предотвращения подобных несчастных случаев были предложены следующие меры: составление единой терминологии для обозначения отдельных действий; исключение нестандартных и двусмысленных фраз; обязательная корректировка или уточнение сообщения в случае его непонимания или нечеткого

восприятия одной из сторон; составление единой программы обучения для пилотов и авиадиспетчеров.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что грамотная коммуникация между пилотами и авиадиспетчерами является одной из важнейших составляющих безопасности авиаперелетов. Устранение недопониманий поможет избежать несчастных случаев и позволит создать профессиональную сферу с единым языком коммуникации.

Список используемых источников:

1. [https://www.krugosvet.ru/enc/gumanitarnye\\_nauki/lingvistika/YAZIKOVAYA\\_KARTINA\\_MIRA.html](https://www.krugosvet.ru/enc/gumanitarnye_nauki/lingvistika/YAZIKOVAYA_KARTINA_MIRA.html)
2. <https://www.faasafety.gov/files/gslac/courses/content/232/1081/finaldutchreport.pdf>
3. Казачкова М.Б. Профессиональный язык как отражение профессиональной культуры. М.: Оргсервис-2000, 2000
4. ИКАО Руководство по внедрению требований ИКАО к владению языком. Монреаль.: Издание второе — 2010

## **Практическое применение английского языка в названиях авиакомпаний и в аэрокосмической сфере**

Арсентьева А.И., Зацепилина А.В.

Научный руководитель — Анисова Е.Н.

МАИ, Москва

Методология: описательный метод, теоретический анализ, систематизация, классификация, интерпретация, синтез.

Целью работы — изучение и анализ практического использования английского языка в жизни людей через название авиакомпаний и в аэрокосмической сфере.

Новизна данного исследования в том, что рассматриваются различные методы и приёмы перевода, которые оказывают влияние на потенциальных клиентов в авиационно-космической сфере.

Наличие научных публикаций показывает, что на данную тему активно проводятся исследования и она считается популярной. В интернете существует огромное количество статей на данную тему. В пример можно привести работу Осканяна Э.А. «Современные подходы к формированию имиджа предприятия» рассказывает о том, как правильно подбирать название для компании, чтобы оно оказывало положительный эффект на потребителя.

Определяясь с названием авиакомпании или авиапродукции, нужно учитывать огромное количество факторов, которые могут привлечь потенциальных клиентов, ведь в первую очередь, люди обращают внимание на название того или иного бренда.

Помимо этого, коммуникативная функция — одна из самых важнейших функций языка. Она обеспечивает общение во всех сферах жизни людей. Обыденная, бытовая коммуникация осуществляется за счет разговорно-просторечной и литературно-разговорной форм языка; специально-профессиональная коммуникация — посредством языка науки и техники, специальной формы естественного языка. В словари литературного языка включаются так называемые общеупотребительные слова, т.е. это те слова, которые понимают носители этого языка. Но, кроме общеупотребительных слов, в языке имеется огромное количество терминов, обслуживающих разные отрасли народного хозяйства, науки, культуры или техники.

Он широко используется в области радиопереговоров между пилотом и диспетчером и принадлежит к группе полу-искусственных языков, созданных специально для использования в профессиональной среде.

Таким образом, можно сделать вывод, что несмотря на сложность и объемность авиационной терминосистемы и истории авиации в целом, английский язык играет огромную роль в данной сфере.

Список используемых источников:

1. Вороньянская Е. Л. Английский язык на воздушном транспорте, 2007 (дата обращения 26.02.2023)
2. Шлямова А. А., Синабдеева Е. С., Громова Е. С. Учебно-методическое пособие. Авиационный английский язык, 2010 (дата обращения 26.02.2023)
3. Карпова Л. И. История авиации и космонавтики, 2015 (дата обращения 24.02.2023)
4. Калачева Е.А. «Особенности авиационного английского языка», 2021 (дата обращения 24.02.2023)

## **Практическое применение английского языка с целью проведения анализа данных в области успешного осуществления Лунной миссии**

Ахметов Е.А.

Научный руководитель — Абрамова О.В.

МАИ, Москва

Цель:

Важность технической информации в современном мире обусловлена постоянным техническим прогрессом и появлением огромного количества новых изобретений и, соответственно, публикаций связанных с ними. Таким образом, стоит выделить: научно-технический анализ текста и сбор данных, которые способствуют развитию поисковых и аналитических навыков. С лингвистической точки зрения особенности технической литературы стоит рассматривать в таких разделах как: стилистика, профессиональная лексика и грамматика. Изменения в профессиональной сфере повышают требования к специалистам, обладающими глубокими знаниями иностранных языков и лингвистическими компетенциями. [1, с. 329].

В статье представлено более глубокое понимание анализа англоязычных статей, посвященных успешному осуществлению лунной миссии. Особое внимание уделяется перспективам исследования Луны, которые продолжают уже несколько десятилетий. В связи с повышенным интересом к исследованию космоса и увеличением спроса на экономически выгодные миссии, CubeSats появились как потенциальная платформа для лунных миссий. CubeSats — это небольшие, низкобюджетные, модульные спутники, которые могут быть легко настроены на выполнение различных космических полётов (missions). В последние годы эти спутники использовались для ряда миссий на земной орбите, но потенциал для лунных миссий еще не был полностью раскрыт. В статье представлены возможности использования CubeSats для лунных миссий и их потенциальные преимущества.

Оценка реализации проекта:

CubeSats — малые спутники кубической геометрии, обладают многими уникальными особенностями, такими как: простота в изготовлении, низкая стоимость и высокая степень гибкости в полёте. CubeSat — это спутник, геометрия которого основана на кубических ячейках, получивших название U's от английского слова "unite" (единица), каждое ребро составляет 10 сантиметров в длину. Эти ячейки могут быть собраны для образования формы призмы, поэтому название основано на количестве объединенных ячеек, например, CubeSat из двух ячеек называется 2U [4, с. 3]. CubeSats также способны работать в лунной среде, хотя они сталкиваются с критическими проблемами по сравнению с полетами по околоземной орбите. Лунная среда представляет собой такие опасности как: высокие уровни радиации, экстремальные температуры. В связи с этим появляется необходимость в использовании точных систем навигации и связи. Двигательная установка CubeSats может работать в условиях вакуума и выдерживать суровое радиационное окружение.

Оценка статуса проекта

Анализ собранных данных позволяет представить последние разработки в технологии CubeSats такие как: разработка 'миниатюрных' двигательных систем и перспективных датчиков. Например, миссия Lunar Flashlight будет использовать CubeSat для поиска

водяного льда на поверхности Луны, а также использовать возможности лазерного высотомера и двигателя малой тяги небольшого размера для управления в орбитальном полёте.

Преимущества лунной орбитальной миссии:

CubeSats могут выполнять различные научные и исследовательские программы, находясь на лунной орбите, включая изучение поверхности Луны и ее окружающей среды, а также осуществлять поддержку исследования космического пространства с помощью пилотируемых КЛА, демонстрируя хорошие лётные характеристики. Такие миссии могут предоставлять уникальные данные о геологии, минералогии и данные о возможных ресурсах на Луне.

Например, CubeSats могли бы использоваться для картографирования поверхности Луны с помощью высокоточных камер и спектрометров, предоставляя подробную информацию о составе лунной поверхности. Они также могли бы изучать радиацию окружающей среды на Луне, которая является важной составляющей для будущих пилотируемых полётов.

CubeSats также могли бы осуществлять поддержку пилотируемых экспедиций, обеспечивая помощь в навигации и связи, а также поддерживая развертывание и эксплуатацию роботов- предшественников. Это могло бы стать в действительности демонстрацией новых технологий для исследования Луны, такие как: компактные системы бурения или автономные самоходные аппараты (rovers).

Перспективы:

CubeSats обладают уникальной возможностью значительно расширить область и доступность исследования Луны, а также проводить научные разработки. Их низкая стоимость и модульная конструкция делают их привлекательными кандидатами для широкого спектра миссий на лунной орбите.

Заключение

Обобщая полученный опыт работы с англоязычными текстами, можно сделать вывод, что глубокие знания профессиональной лексики, технической терминологии и грамматических конструкций позволяют получить гораздо больше информации для развития поисковых и аналитических способностей для дальнейшей образовательно-исследовательской деятельности.

Список используемых источников:

1. Аникеева И. Г. Особенности формирования профессиональных компетенций в процессе подготовки переводчиков. / В сборнике: Язык и текст: структура, дискурс, перевод 2015. С. 329-334.
2. Хабр [Электронный ресурс] // Статья о лунной миссии Artemis1 по поиску воды на Луне при помощи кубсатов URL: <https://habr.com/ru/news/t/682864/> (дата обращения 23.02.2023).
3. Technology review [Электронный ресурс] // The review about some biggest lunar missions in 2024 URL: <https://www.technologyreview.com/2020/02/27/905641/lunar-missions-before-nasa-2024-artemis-moon-landing-space-x-mining/> (дата обращения 25.02.2023).
4. W. Ryan, E. Richard CubeSat lunar mission using a miniature ion thruster / Joint Propulsion Conference & Exhibit 31 July 03 August 2011.

## **Авиационный язык радиообмена: диалог пилота и диспетчера**

Барыбина Е.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Лысенко С.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы подтверждается тем, что на современном этапе задача обеспечения безопасности полетов становится все более насущной. Немаловажную роль в безопасности играет владение пилотами и диспетчерами профессиональным языком.

Авиационный английский — это разговорный язык, который применяется в радиотелефонной связи между пилотами и диспетчерами в соответствии с современными

требованиями ИКАО; включает в себя аббревиатуры, кодовые слова, фразеологию, отраслевые термины. ИКАО — это Международной организации гражданской авиации, созданная ООН; устанавливает международные нормы гражданской авиации и осуществляет контроль за развитием отрасли в целях повышения безопасности.

Цель данной статьи: доказать важность и значимость авиационного английского на современном этапе; актуализировать изучение авиационного английского.

Исследование, которое мы провели для достижения поставленной цели, предполагает анализ научного интереса авторов публикаций по теме «авиационный радиообмен». Отметим, что в последние годы эта тема приобрела повышенный интерес у исследователей [1-3].

Радиообмен — это дистанционное, снабженное техническими каналами диалогическое общение пилота и авиадиспетчера, которое можно назвать «информационно-руководящим». У радиообмена есть свой особый принцип воздушного управления, который звучит для авиадиспетчеров: «слышу, управляю», для пилотов: «слышу, выполняю». С помощью такой четкой структуры в радиообмене осуществляются поставленные задачи. Основная цель языка радиообмена — это получение, анализ, оценка и передача информации.

К средствам коммуникации и к речи коммуникантов предъявляются крайне строгие требования: важны тон, темп речи, ритмика речи, интенсивность, логическое ударение и паузировка [4]. Пилоты и авиадиспетчеры должны постоянно работать над дикцией и произношением. В связи с тем, что в радиосигнале могут возникать помехи, язык радиообмена снабжен определенными правилами грамматики и фонетики. Так, отдельные фразы могут использоваться только в определенных ситуациях. Например, просьба взлететь — take off — только на взлетной полосе.

Другие особенности языка радиообмена — это использование повелительного наклонения, отсутствие вопросительных конструкций в их классическом виде, эллипсис вспомогательных и модальных глаголов при построении фраз (исключение составляют глаголы able и unable).

Исследователь Лысенко С.В. отмечает, что в диалоге важно учитывать позиции обеих сторон: говорящий может опускать то, что ему кажется избыточным, а слушающий убежден: надо опускать то, что не препятствует пониманию речи» [3]. В авиационном английском специально опускают предлоги, чтобы не возникло недопонимания между диспетчером и пилотом. Например, пилот может произнести фразу: rout to London — курс на Лондон или rout two London — маршрут Лондон-2. Хотя семантически предлог «to» и числительное «two» отличны, но во время радиообмена такую информацию сложно воспринять на слух и это может негативно сказаться на безопасности полета.

Язык радиообмена важен и сложен. Обучение ему ведется на специальных курсах подготовки с последующим экзаменом по программе RELTA или TELLCAP.

Фразеология радиообмена, строго регламентированная ИКАО, способствует повышению точности и скорости передачи информации. При возникновении нестандартных и шоковых ситуаций можно использовать нерегламентированную лексику, но основная рекомендация — это опора на фразеологию радиообмена. Главная цель диалога пилота — объяснить ситуацию на борту так, чтобы с помощью диспетчера быстро решить возникшую проблему.

Вывод: подводя итог, подчеркнем: радиообмен в авиации служит тому, чтобы обеспечить четкость и ясность в лаконично передаваемой информации. Внимательное соблюдение его правил и применение стандартной фразеологии значительно уменьшает количество инцидентов, связанных с непониманием между диспетчерами и пилотами, что обеспечивает дополнительную безопасность полета.

Значимость авиационного английского на современном этапе возрастает; обучение авиационному английскому должно быть важной задачей учебных заведений авиационной отрасли.

Список используемых источников:

1. Хабулиани Т.О. Особенности лексических аспектов радиообмена: к проблеме недопонимания между пилотом воздушного судна и авиадиспетчером. В сборнике: Актуальные проблемы науки в студ. исследованиях. Альметьевск, 2020. С. 335-338
2. Лысенко С.В., Плотников В.В. Радиообмен в авиации на английском языке. Учебное пособие. М.: НТЦ, 2018.150 с.
3. Лысенко С.В. Теоретические основы грамматической системы английского языка радиообмена в авиации. Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2022. Т. 15. № 7. С. 2285-2290.
4. Смирнова Е.И., Сельвесюк Н.Л. Язык радиообмена: особенности коммуникации в авиации. В сб.: Актуальные проблемы современности. М., 2017. С. 150-162.

## **Особенности национального корпуса английского языка**

Бернацкий М.С., Кулакова Я.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. В современном мире информация для восприятия человеком поступает отовсюду, и нужно тщательно систематизировать данные для более быстрого усвоения. В качестве примера можно взять современный корпус текстов, который отражает интересы пользователей Интернета. Текстовый корпус представляет собой информационно-справочную систему в электронной форме. Данная информационная система характеризует язык на определенном этапе его существования и во всём многообразии жанров, стилей, территориальных и социальных вариантов [1,2].

Следует отметить, что в настоящее время нет работ, посвященных комплексному исследованию Национальных корпусов, в частности корпуса английского языка; исследования по данному вопросу носят фрагментарный характер. Однако достижения в области корпусной лингвистики находят все более широкое применение в процессе преподавания языкознания. В ведущих вузах мира становится повседневной практикой использование корпусных данных в качестве эмпирической составляющей лекционных курсов, студенческих заданий и самостоятельных проектов. Все вышеперечисленное обуславливает актуальность настоящего исследования.

Исследование. Целью исследования является рассмотрение особенностей Национального корпуса английского языка, основанного на собрании текстов на английском языке в электронном формате.

В Национальный корпус английского языка входят всевозможные виды текстов, представляющие современный английский язык в различных сферах. Так, в существующих авиационных корпусах есть большое количество примеров из разнообразных технических источников. Они помогают ученым исследовать закономерности использования слов и словосочетаний в авиастроении, в работе авиадиспетчеров (например, при переговорах с экипажами воздушных судов).

Корпусы текстов также широко используются в секторе Data Science при работе с большими данными для того, чтобы найти нужное решение поставленной задачи и извлекать из данных полезные сведения. Корпусы текстов применяются и в компьютерной лингвистике, но уже для определения наиболее употребляемых слов, словосочетаний и выражений. С их помощью можно находить языковые закономерности и строить графики.

В целом, среди современных корпусов английского языка можно выделить следующие:

- Google N-Grams Corpus (the bulkiest enclosure currently available)
- British National Corpus (over 100 million words)
- COBUILD corpus (56 million words)
- International Corpus of English (1 million words)
- Open American National Corpus (15 million words)

Вывод. Таким образом, с внедрением корпусов текстов становится намного легче проводить лингвистические исследования и проверять гипотезы, более быстро обрабатывать

поступающую информацию. Достижения корпусной лингвистики находят применение в большом количестве разнообразных областей человеческой деятельности, в том числе в авиационной сфере. Корпусы текстов используются для статистического анализа и проверки статистических гипотез, подтверждения лингвистических правил в языке.

Список используемых источников:

1. Добрушина Н.Р. Информационные технологии в гуманитарном образовании: Национальный корпус русского языка // Вопросы образования. № 4. — М., 2006.

2. Соснина Е.П. Корпусная лингвистика и корпусный подход к обучению иностранному языку // Прикладная лингвистика — Ульяновск, 2001.

### **Компьютерный сленг**

Богдановский Г.В., Феник А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.  
МАИ, Москва

В настоящее время во всем мире уделяется больше внимание развитию компьютерных технологий. В связи с этим, основной по количеству появляющихся новых слов является именно данная область. Компьютерная лексика активно входит в речь не только молодежи, но и людей, чья профессия или род занятий связаны с современными информационными технологиями.

В частности, современные компьютерные технологии играют значительную роль в бизнесе авиакомпаний, которые работают в условиях жесткой конкуренции не только с отечественными, но и зарубежными перевозчиками. Повысить конкурентоспособность, снизить издержки, быстро реагировать на конъюнктуру рынка авиаперевозок, оперативно предлагать клиентам новые сервисы может только внедрение современных информационных систем, позволяющих автоматизировать все бизнес-процессы современных авиакомпаний и служб аэропортов.

В целом, компьютерная лексика стала неотъемлемой частью жизни современного человека во всех сферах жизнедеятельности и требует умения в использовании, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Целью исследования является рассмотрение особенностей компьютерного сленга как языкового явления, которое оказывает активное влияние на развитие современного английского языка.

Исследование. В рамках работы были изучены причины появления и способы образования компьютерного сленга, рассмотрены его тематические группы, выявлены наиболее часто употребляемые слова, в частности слова компьютерного молодежного сленга.

В рамках исследования вся английская компьютерная лексика была подразделена на следующие виды:

1. Основной интернет-сленг, понятный всем — pics, OMG, WTF.
2. Сленг геймера — GG, WP; Push, Def, Rep, APM.
3. ИТ-сленг — CR, front-end, back-end, CPU, GPU.

Среди продуктивных способов образования компьютерной лексики в современном английском языке в работе были выявлены такие, как усечение, аббревиация и словосложение.

1. Усечение (To defend — def, Internet — Net, prog — program)
2. Аббревиация (FAQ — frequently asked questions, AFK — away from keyboard, APM — actions per minute, RAM — random-access memory, GG WP — Good game, well played)
3. Словосложение (Backdoor, Clickbait)

Также были изучены способы образования компьютерного сленга в русском языке. Они весьма разнообразны, но в общем сводятся к тому, чтобы приспособить английское слово к нашей действительности и сделать его пригодным для постоянного использования. Среди основных приемов перевода компьютерной лексики на русский язык в работе рассматриваются следующие:

- 1) Калька (gamer — геймер)
- 2) Полукалька tracing (to connect — коннектиться)
- 3) Использование ассоциаций (to delete — сносить)
- 4) Буквальный перевод (streaming — поток)

Вывод. Таким образом, компьютерный сленг, появившийся как средство «противостояния» господствующему языку, постепенно приобрёл популярность среди современного населения, владеющего цифровой грамотностью, и превратился в часть повседневного языка. Бурный рост компьютерных технологий внес в современный английский язык огромное количество специальных слов и выражений, богатую разветвленную терминологию. При этом, многие люди используют интернет-сленг и компьютерный сленг не только в профессии, но и при личном общении в реальной жизни. Таким образом, компьютерный сленг стал одним из ярких явлений речи современного общества, и его знание и умение использовать является необходимым в современном мире.

## **Проблемы изучения английского языка по технической документации**

Борисов А.И., Подлесный Д.А.

Научный руководитель — Жаркова Л.И.

МАИ, Москва

В настоящее время наш мир стремительно развивается в различных направлениях, в том числе информационном и технологическом. Каждый день люди обрабатывают огромный объём информации, причём не редко на иностранных языках. Современные технологии позволяют переводить текст или живую речь собеседника с одного языка на другой за считанные секунды, но полученная в результате информация не всегда отражает оригинальный посыл, часто содержит неточности. Поэтому изучение иностранных языков, в частности английского, остаётся актуальным. В особенности, для студентов технических вузов — будущих специалистов в широком спектре областей. Большинство технической документации, научных работ и, например, инструкций для программного обеспечения написано исключительно на английском языке, а ошибки в переводе могут привести к катастрофическим последствиям.

В современных российских образовательных программах для технических специальностей на дисциплину «иностранный язык» выделено недостаточно времени [1]. Из-за чего будущие и начинающие специалисты вынуждены изучать тот же английский язык уже в процессе работы по используемой ими документации (как по методической литературе). Именно поэтому так сформулировано название данной работы.

Техническая документация — это технический язык. То есть документация на английском языке — это текст, который написан на «техническом английском языке». Технический язык отличается от разговорного использованием профессиональной терминологии и специальных грамматических конструкций.

Термин — это слово или словосочетание, являющееся точным обозначением определенного понятия какой-либо специальной области науки, техники, искусства, общественной жизни. У термина есть чёткие семантические границы. Таким образом, терминология — это совокупность терминов какой-либо специальной области знаний или деятельности. Вне определённой терминологии какое-либо слово может быть многозначным, но, когда оно попадёт в терминологию, его значение станет определённым и единственным, причём отличным от значения в контексте разговорного языка [2]. Студент, который переведёт термин с помощью технического словаря, скорее всего запомнит только узаконное значение и не будет способен использовать его в другом контексте.

Кроме того, ввиду отсутствия глубоких познаний в данной области, студент может не найти «правильный» перевод. Следовательно, в дальнейшем он будет неспособен корректно применить термин в контексте своей специальности, что закономерно приведёт к изменению для него смысловой нагрузки изучаемой документации, научной работы.

Под специальными грамматическими конструкциями понимаются структуры, для которых характерно увеличение абстрактности и утрата лексического значения глаголов, а

также частое использование глаголов-связок: «быть», «заклочаться», «составлять», «являться», «называться»; неопределенно-личных, безличных глаголов: «можно сделать вывод — делается вывод»; пассивного залога: «...the following conclusion can be made here...» [3]. В научных текстах распространены сложные предложения, в частности с использованием составных подчинительных союзов, присущих книжной речи: «ввиду того что», «несмотря на то что».

Специальные грамматические структуры практически не встречаются в повседневной жизни. Их использование подчинено особым правилам, с которыми студент может ознакомиться исключительно в ходе изучения специальных дисциплин: «Теория перевода» и «Теория и практика профессионально-ориентированного перевода». Соответственно, если ранее студент не изучал английский язык как минимум по общеобразовательной программе, обучение по программам упомянутых дисциплин будет для него крайне затруднительным. К тому же оно не даст знаний о правилах разговорной речи.

На основе вышеизложенных тезисов я могу сделать вывод, что для студента или начинающего специалиста изучение английского языка по технической и научной документации — довольно тяжёлый и трудоёмкий процесс. В лучшем случае тот получит поверхностное представление о техническом английском языке, но никак не знание английского языка в целом. Однако это может послужить стимулом, например, поступить на курс изучения основ иностранного языка, по прошествии которого будут освоены знания, необходимые для продолжения процесса обучения по научно-техническим текстам.

Список используемых источников:

1. Коган Е.А., Крымская О.Б. «Английский» в техническом вузе: мнения студентов // Высшее образование в России 2018 Т.27 №7. С.48-49
2. Кояева Л.А. О некоторых трудностях научно-технического перевода // Перевод и сопоставительная лингвистика 2015 №11 С.50-52
3. Ордян Л.А. Типичные проблемы и особенности перевода научного текста // Молодой учёный 2018 №48 (234) С.424

### **Перспективы решения экологических проблем путем налаживания взаимоотношений между предприятиями внутреннего рынка (по материалам российских и англоязычных статей)**

Брызгин Г.К., Петров А.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Неверова Н.В.

МАИ, Москва

В нынешних, непростых для России экономических условиях, характеризующимися падением курса рубля, сокращением возможностей развития промышленности из-за санкций, ростом конкуренции, несмотря на положительную динамику развития внутреннего рынка РФ и появление новых стран-партнеров, задача поиска новых, отвечающих современным реалиям подходам к производству, актуальна как никогда раньше. Как показывают научные исследования и мировая практика, повышение эффективности деятельности промышленных предприятий в непростой экономической среде возможно в результате межфирменного сотрудничества. Продолжительные устойчивые партнерские объединения предприятий уже не являются чем-то необычным или уникальным, поскольку выживание, поддержка высокой конкурентоспособности как на внутреннем рынке, так и на международном стали зависеть от позитивных эффектов сотрудничества, что привело к развитию взаимовыгодного взаимодействия даже среди прежних соперников. Партнерство промышленных структур способствует изменению стратегий функционирования разномасштабных компаний, модификации связей с участием различных фирм, а также отраслевых; изменению инвестиционной политики предприятий. Коллаборации, созданные в результате взаимодействия двух и более компаний, приобретают баланс между самоорганизацией и управляемым поведением, совмещая в себе инновации и свободу деятельности с необходимым уровнем интеграции, что в комплексе помогает решить многие

актуальные вопросы промышленного развития в нынешних реалиях. Хотя на данный момент Россия не является лидером в области заключения межфирменных партнерств, в целом, в отечественной экономике можно заметить «возрождающуюся» тенденцию преобладания межфирменного сотрудничества среди различных производственных предприятий, которая доказывает, что у нас есть огромный потенциал в данной сфере. При этом, доля плототворных примеров взаимоотношений между предприятиями в отраслях отечественного промышленного комплекса с каждым годом увеличивается вместе с возможностями компаний, качеством ее продукции, а также повышением экологической безопасности на производстве вследствие обмена технологиями между фирмами-партнерами, привлечения новых инвесторов. В настоящее время, как уже ранее было упомянуто, примеры успешных партнерств среди предприятий промышленности имеются, но массового распространения межфирменное сотрудничество в промышленности, на данный момент, не получило, именно поэтому данная проблема требует не только внимания, но и скорейшего решения, ради повышения безопасности окружающей среды.

Цель работы — анализ российских и англоязычных статей, посвященных экологическим проблемам, а также необходимости установления взаимоотношений между предприятиями внутри страны в условиях современных реалий и других факторов. Привлечение внимания к решению проблемы экологической безопасности на производстве путем налаживания межфирменных отношений. Было использовано большое количество иностранных (Singh Pa., Jo. Bassin, Sa. Rajkhowa, Ch. Hussain and Ra. Oraon. Environmental Sustainability and Industries и др.) и российских (Никитаева А. Ю., Писарская О. В. Сотрудничество промышленных предприятий с разным уровнем технологичности производства: теоретико-эмпирический анализ // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2016.; Промышленная чистота. Общие положения // Библиотека государственных стандартов URL: <http://gost.gtsever.ru> (дата обращения: 15.11.2022) интернет источников и статей в качестве доказательной базы нашего исследования, однако на данный момент очень мало научных публикаций и статей, освещающих огромное влияние хорошо налаженной логистики и взаимоотношений между предприятиями на экологическую безопасность, именно поэтому своим исследованием мы пытаемся обратить внимание к этой проблеме. В ходе нашей работы мы выявили явную связь между такими экономическими факторами, как зависимость от иностранного капитала, вследствие отсутствия ранее налаженной логистики между предприятиями, и проблемами загрязнения окружающей среды, вызванными низкокачественной экологической безопасностью предприятий, из-за устаревших технологий, дефицита капитала, инвесторов или отсутствия поддержки компаний-партнеров. Возможными способами решения могут стать: переоценка взглядов на взаимоотношения предприятий внутреннего рынка, взаимное обеспечение экологической безопасности производства, поиски новых возможных решений проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, использование более дорогостоящего, но экологически безопасного оборудования. Вывод: проанализировав отечественные и иностранные статьи, мы подтвердили значимость качественно налаженной логистики, высокоэффективных взаимоотношений между предприятиями внутреннего рынка, ведущих к общему повышению экологической безопасности на данных предприятиях и в регионе в целом.

Список используемых источников:

- 1.Никитаева А. Ю., Писарская О. В. Сотрудничество промышленных предприятий с разным уровнем технологичности производства: теоретико-эмпирический анализ // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2016.
- 2.Промышленная чистота. Общие положения // Библиотека государственных стандартов URL: <http://gost.gtsever.ru> (дата обращения: 15.11.2022).
- 3.Singh Pa., Jo. Bassin, Sa. Rajkhowa, Ch. Hussain and Ra. Oraon. Environmental Sustainability and Industries. // Elsevier. 2022. С. 1-57.

## **Роль владения английским языком в международном сотрудничестве в области аэрокосмической техники**

Дубровин Д.К.

Научный руководитель — Инюшева М.С.

МАИ, Москва

Профессиональное владение английским языком играет важную роль в успешном сотрудничестве между специалистами из разных стран в области авиакосмической техники. Это объясняется междисциплинарным характером авиационных систем, что требует сотрудничества экспертов из разных профессий и стран и использования английского языка в качестве главного языка для международного общения. Такой подход подчеркивает важность единого языка для обмена информацией и идеями. Владение английским языком также необходимо для подготовки документации, переговоров и других вопросов, связанных с авиакосмическими проектами. Методология: описательный метод, теоретический анализ, интерпретация, синтез. Основная цель работы: дать понимание важности владения английским языком для успешной работы в данной области.

Более 80% международных сообщений в авиации передаются на английском языке, что обеспечивает значительное преимущество в авиационной промышленности благодаря его универсальности и облегчению коммуникации между людьми из разных культур. Владение английским языком дает доступ к мировой литературе и технической документации, что особенно важно в авиации и астронавтике. Международная космическая станция является примером успешного международного сотрудничества на основе владения английским языком, где астронавты и космонавты из России, США, ESA, Японии и Канады общаются на английском языке. Владение языком было ключевым фактором на многих миссиях, включая 2007 год, когда российский космонавт Михаил Тюрин быстро переключился на английский язык для связи с американскими астронавтами и смог устранить проблему.

Языковой барьер может вызывать различные проблемы при работе в области аэрокосмической техники. Для примера можно привести: ошибки в коммуникации — непонимание технических терминов и профессиональных обозначений может привести к неправильной интерпретации сообщений, что увеличивает вероятность ошибок в работе; неэффективная коммуникация — ошибки в произношении или неправильное использование слов могут ухудшить качество коммуникации, что в конечном итоге может повлиять на безопасность. Например, Авиационная катастрофа на Тенерифе в 1977 году произошла из-за путаницы в произношении слов, что привело к столкновению двух самолетов на ВПП и вызвало гибель 583 человек. Этот инцидент стал стимулом для разработки стандартов авиационного языка, которые улучшают общение и обеспечивают безопасность воздушного трафика; проблемы с переводом — технические документы, переведенные на неправильный язык или с неправильным пониманием, могут привести к неправильной интерпретации данных и информации, что может повлиять на результаты работы; культурные различия — культурные различия могут снизить уровень эффективности работы и привести к конфликтам и недопониманию между коллегами из разных стран.

Существует несколько способов преодоления языковых барьеров в международном сотрудничестве в авиации и космической отрасли: языковое обучение — эффективный способ решения языковых проблем в аэрокосмической отрасли. При разработке курсов и материалов необходимо учитывать специфическую авиационную терминологию и процессы коммуникации. Различные методы обучения, такие как практические упражнения, симуляторы и виртуальное обучение, вместе с обратной связью и коррекцией ошибок, также могут быть использованы. Ситуации, создающие стресс, могут быть смоделированы для наблюдения за действиями и коммуникацией экипажа, что может помочь уменьшить вероятность ошибок в будущем. Кроме того, современные технологии, такие как искусственный интеллект (AI), могут улучшить качество обучения и адаптировать курсы к индивидуальным потребностям студентов. Стандартизация терминологии — это еще одно решение для преодоления языковых барьеров в авиации и астронавтике. Международная организация гражданской авиации (ICAO) разрабатывает единый словарь терминов для

отрасли по всему миру, включая определения, примеры использования и инструкции по правильному произношению. Стандартизация терминологии также может облегчить перевод между языками, предоставляя единый словарь терминов, что улучшает точность и ускоряет процесс перевода. Использование искусственного интеллекта (AI) может помочь преодолеть языковые барьеры в аэрокосмической отрасли. AI может автоматически переводить сообщения на разные языки и распознавать речь. Однако как отмечает доктор Доминик Эстиваль, что AI не может полностью заменить человеческую коммуникацию, особенно в критических ситуациях. Чтобы решить проблемы языковых барьеров в авиации, необходим комплексный подход, включающий в себя технологии, образование и стандарты коммуникации. В заключение, можно сказать, что владение английским языком является критически важным для международного сотрудничества в области авиации и космической эксплуатации. Статистика показывает, что английский язык является доминирующим благодаря своему статусу международного языка общения. А новые технологии, такие как искусственный интеллект, могут помочь в преодолении языковых барьеров.

Список используемых источников:

1. Aviation English A lingua franca for pilots and air traffic controllers by Dominique Estival, Candace Farris, Brett Molesworth
2. Qiong Wu, Brett RC Molesworth, Dominique Estival (2019). «Исследование факторов, влияющих на недопонимание между пилотами и авиадиспетчерами в коммерческой авиации». Международный журнал аэрокосмической психологии . п. 53-63.
3. Симантьева К. Л. Selecting and vocationally oriented language teaching of intending air traffic controllers. — 2016.
4. Tarnavska, T., Glushanytsia N., Bilous N., Lyashenko, L. & Palamarchuk, K. (2021). English for Aviation Safety: Language Training Methodology. The Asian ESP Journal,17(1), 5-24.

## **Перспективы применения инструментов искусственного интеллекта для перевода узкоспециальных текстов инженерной тематики**

Земсков В.А.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

В третьем десятилетии 21-го века искусственный интеллект (ИИ) широко распространен во всех сферах жизни человека, в том числе и в техническом переводе.

Актуальность. В условиях усиления отраслевой конкуренции необходимо повышать эффективность образования на базе применения ИИ за счет оптимизации расходов.

Выдвигается гипотеза об улучшении качества перевода технических текстов через приложения ИИ.

Изучив работы А. А. Батуева, М. Ю. Илюшкиной, Nemas Kumala Dewi, Nur Annisa Rahim, автор провел анализ эффективности использования ИИ для изучения иностранных языков (ИЯ).

Этапы исследования:

1. Выделение основных категорий средств ИИ для электронного технического перевода.
2. Сравнение инструментов по отдельным показателям.
3. Анализ принципов работы самых используемых приложений.
4. Выявление типичных проблем качества перевода и поиск их решений.

Были изучены ИИ приложения-инструменты и дифференцированы их основные категории:

Онлайн-переводчики (Google, Yandex, т.д.)

Чат-боты (Duolingo, Memrise, Mondly)

Боты-аватары (Evie, Replika)

Системы индивидуального образования (Squirrel, Edwin)

По категории продуктов машинного онлайн-перевода сделаны следующие выводы:

1) На начало 2023 года самыми популярными онлайн-переводчиками в сегменте русского интернета являются: Google, Яндекс, Bing, Systran, Reverso. [2]

Из наиболее распространенных технологий машинного перевода (RBMT, SMT, NMT) широко используется вторая модель. [4] Применение SMT дает высокое качество перевода большого количества исходных параллельных текстов в модели, однако пользователю необходимо изменять тексты узкоспециальной (аэрокосмической) терминологии.

Согласно модели оценки качества перевода LISA [1], сегодня результативны переводчики на базе технологии NMT (DeepL, Amazon, OpenNMT), появившейся с развитием нейронных сетей и Deep Learning моделей. Основные недостатки: немногочисленность, дороговизна и ограничение диапазона выбора языков.

Анализ сервисов чат-ботов дал следующие выводы:

1) Технология чат-ботов имплементирована во все самые популярные на Android и iOS приложения для изучения ИИ (Duolingo, Mondly, Andy, Lanny, Memrise).

2) Несмотря на преимущества общения с чат-ботами (снижение стеснения и временных ограничений), процент пользователей еще невысок [4].

3) Все чат-боты в вышеперечисленных приложениях используют современные технологии машинного обучения и DL, они адаптивны и разносторонни в темах.

Анализ использования ботов-аватаров и систем индивидуального образования показывает, что:

1) Боты-аватары, как и системы индивидуального обучения, представляют собой новые и слабоизученные технологии. Их конкурентоспособность против чат-ботов и адаптивных, не основанных на нейросетевых алгоритмах систем, на данный момент низка.

2) Обе технологии не широко доступны. Однако, если почти все системы индивидуального образования предлагаются китайскими компаниями лишь на внутреннем рынке, то боты-аватары разрабатываются крупными компаниями по предоставлению коммуникативных услуг. [4]

Автор отдельно отмечает следующие сервисы:

Twee — ИИ продукт общего доступа, предоставляющий помощь в изучении ИЯ и подготовке к лингвистическим экзаменам. [3]

ChatGPT — библиотека-сервис, решающий проблемы составления учебных текстов и заданий.

Midjourney — нейросеть, генерирующая изображения по запросу пользователя.

Для проверки качества перевода на базе ИИ автором был проведен эксперимент. С помощью Гугл-опроса с участием 32 студентов (13 лингвистов и 19 инженеров) проверялось качество перевода текстов аэрокосмической тематики научного стиля и новостных статей. Целевой аудитории представили три варианта перевода каждого фрагмента с анонимностью авторов, которыми были: человек — профессиональный переводчик, система NMT и система SMT. Оценка качества производилась по следующим критериям: грамматическая составляющая; лексическое соответствие терминов; речевое соответствие оригиналу всего текста; лексическая эквивалентность отдельных компонентов.

Анализ данных показал:

1. В переводе фрагмента новостной ленты по всем четырем критериям системы NMT и SMT не уступили человеку.

2. В переводе научных статей узкого назначения человек победил.

Результаты исследования собраны автором в таблицы.

При работе с англоязычными источниками автором был составлен словарь основных терминов:

NMT — нейронный машинный перевод;

SMT — статистический машинный перевод;

RBMT — машинный перевод, основанный на предположенных правилах;

DL — глубокое обучение.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1) Результаты эксперимента демонстрируют улучшение качества машинного перевода специализированных текстов с помощью современных алгоритмов.

2) Исследованные приложения способны повысить качество обучения студентов-инженеров переводу текстов общетехнического профиля. Однако, перевод узкоспециальных аэрокосмических терминов требует особой подготовки.

3) Сервисы ИИ имеют возможность повысить эффективность работы профессионального переводчика-лингвиста.

Список используемых источников:

1. Николаев И. С., Митренина О. В., Ландо Т. М. (Ред.). Прикладная и компьютерная лингвистика. М.: URSS. 2016. 320 с.

2. Habr [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.habr.com> (дата обращения: 21.02.2023)

3. Kaggle [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.kaggle.com> (дата обращения: 22.02.2023)

4. Weijiao Huang, Khe Foon Hew, Luke K. Fryer. Chatbots for language learning — Are they really useful? A systematic review of chatbot-supported language learning [Текст] / Weijiao Huang, Khe Foon Hew, Luke K. Fryer // Journal of Computer Assisted Learning Volume 38, Issue 1 / John Wiley & Sons, Ltd., 2021 — p. 237-257.

## **Роль умения читать в обучении письменному отраслевому переводу**

Иванов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Актуальность. Профессиональная подготовка отраслевых переводчиков характеризуется нерешенностью ряда методических вопросов. Одной из задач современной дидактики перевода, подлежащих скорейшему решению, является проблема разработки эффективных приемов обучения базовому компоненту умения переводить письменно — чтению. Целью данного исследования является выявление и уточнение некоторых симбиотических аспектов взаимосвязанного обучения чтению и письменному отраслевому переводу.

Исследование. Письменный перевод — это вид перевода, при котором восприятие оригинального текста осуществляется зрительным путем, а оформление перевода письменно. Процесс письменного перевода осуществляется в три этапа: этап восприятия и понимания исходного текста, этап перекодировки и принятия переводческого решения; этап порождения текста перевода. Для обучения письменному переводу характерны следующие особенности: любой вид чтения специального аутентичного текста предполагает его перевод (полный, реферативный, аннотационный); работа с текстом может преследовать несколько целей — знакомство с общим содержанием текста, полное понимание содержания текста, извлечение конкретной информации, новых сведений из текста; перевод текстов следует рассматривать не только как средство обучения, проверки и контроля понимания прочитанного, а как особую профессиональную деятельность, направленную на воссоздание подлинника на другом языке, деятельность, которая требует специальной подготовки, наличия определенных знаний, навыков и умений; собственно переводу всегда должно предшествовать прочтение текста с последующим анализом формы исходного сообщения и дальнейшим синтезом содержания воспринятого и передачи его на русском языке; чтение специального текста должно всегда быть ориентировано на понимание смысла читаемого, на извлечение из текста смысловой информации с последующей трансляцией ее на другом языке; приемлемым переводом следует считать адекватный перевод, т.е. такой перевод, который передает точный смысл текста на английском языке, в котором нет лексических и грамматических ошибок и который может являться эквивалентной заменой оригинального текста. Действия переводчика в процессе выполнения письменного перевода, несмотря на широкое разнообразие существующих письменных текстов, реализуются по одной и той же схеме: сначала переводчик знакомится с текстом оригинала; затем, произведя предварительный предпереводческий анализ, т.е. выявив тип текста, его жанровые и

стилистические признаки, тему и область знаний, с которыми связан текст, он приступает к созданию текста перевода.

Вывод. От уровня сформированности умения читать зависит успешность обучения письменному отраслевому переводу. Только полное и глубокое понимание прочитанного исходного текста, так называемое «переводческое понимание», может обеспечить точность и адекватность воспроизведения его содержания при полном переводе. Выполнение неполноценных (сокращенных) видов перевода — реферативного и аннотационного, зависит от уровня сформированности гибкости чтения, предполагающего владения разными стратегиями чтения. Результат обучения письменному отраслевому переводу во многом зависит от достижения обучаемыми необходимого и достаточного уровня сформированности умения читать. От данного умения также зависит эффективность дальнейшего обучения прочим компонентам умения переводить.

Список используемых источников:

1. Зайченко А.А. О некоторых приемах обучения специальной лексике переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2006. № 1(5). С. 81-84.

2. Зайченко А.А. Методические доминанты интегрированного обучения языку и переводу для специальных целей переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ: Научный журнал. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 1. С. 339-341.

3. Зайченко А.А. Роль обратного перевода в подготовке переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Материалы XIV международной научно-практической конференции «Развитие фундаментальных основ науки и образования в строительстве». М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 142-143.

## **Основные подходы к определению готовности переводчиков к профессиональной деятельности**

Каралюнец К.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Актуальность. Одной из важнейших задач современной педагогики и вузовской дидактики является разработка эффективных форм и способов определения степени готовности студентов к осуществлению профессиональной деятельности. Возросшая популярность переводческой профессии, растущий спрос на услуги переводчиков, появление новых видов перевода обуславливают актуальность поиска универсальных и надежных методов и средств оценки уровня подготовки выпускников переводческих факультетов и их способности к реализации трудовых функций.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа и оценки основных подходов, методов, средств и форм определения готовности переводчиков к профессиональной деятельности.

Исследование. В настоящее время в нашей стране наблюдается плюрализм мнений относительно того, что можно считать результатом профессиональной подготовки переводчиков.

Так, например, в академической среде общепринятым результатом подготовки признается освоение обучаемыми всех видов профессиональной деятельности (овладение комплексом компетенций: общекультурных, общепрофессиональных, профессиональных) в соответствии с основной образовательной программой и требованиями федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 45.03.02. Лингвистика профиль «Перевод и переводоведение». Формами итогового контроля являются аттестационные испытания в виде комплексного государственного экзамена и/или защиты выпускной квалификационной работы.

Оценка со стороны регулятора (государства) основывается на установлении соответствия квалификации переводчика профессиональным стандартам «Специалист в

области перевода», ISO 17100:2015 (Услуги по переводу. Требования к услугам по переводу) и Правилам оказания переводческих и особых видов лингвистических услуг ПР 50.1.027-2014.

Работодатели, в свою очередь, предъявляют широкий спектр квалификационных требований, основываясь на собственном видении необходимости и важности наличия у современных переводчиков ключевых компетенций, востребованных на рынке труда. Оценивание, как правило, осуществляется в процессе рассмотрения резюме, личной встречи, интервьюирования и выполнения пробного (тестового) перевода.

Сами же начинающие переводчики, окончив вуз и не имея реального опыта работы, субъективно и ошибочно, считают, что высокий уровень владения иностранным языком сам по себе наделяет их способностью профессионально переводить. При этом многие зачастую не понимают каким объемом специальных знаний и умений они должны обладать, с какими трудностями им придется столкнуться, какие навыки будут действительно актуальны и необходимы для успешного осуществления трудовых функций, каким требованиям они должны соответствовать, с каким многообразием профессиональных задач им придется столкнуться, каким уровнем развития сопутствующих умений и гибких навыков они должны обладать.

Вывод. Проведенное нами исследование свидетельствует о необходимости объединения усилий академического и профессионального сообществ в целях корреляции содержания подготовки переводчиков требованиям и реалиям современного рынка труда, формирования более осознанного отношения выпускников к профессии, повышения качества оценочных средств, уточнения квалификационных требований, более активного привлечения представителей работодателей к проведению государственной аттестации, унификации подходов к определению готовности переводчиков к профессиональной деятельности.

Список используемых источников:

1. Аникеева И.Г. Формирование готовности студентов факультета иностранных языков к переводческой деятельности: Дис. ... канд. пед. наук. Самара, 2006. 165 с.
2. Зайченко А.А. Подготовка переводчиков: методика содержательного дуализма // Высшее образование в России, 2006. № 4. С. 103-105.
3. Зайченко А.А. О некоторых приемах обучения специальной лексике переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2006. № 1(5). С. 81-84.
4. Зайченко А.А. Методические доминанты интегрированного обучения языку и переводу для специальных целей переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ: Научный журнал. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 1. С. 339-341.

## **Особенности использования инфинитивов в англоязычных руководствах по обучению летного экипажа пассажирских самолетов**

Карнаков Н.Д.

Научный руководитель — Коротун В.Л.

МАИ, Москва

На сегодняшний день такие пассажирские самолеты, как Airbus 320 и Sukhoi Superjet 100 являются одними из самых популярных в мире. Airbus 320 является самым продаваемым самолетом компании Airbus Industrie за всю её историю существования, кроме того это первый самолет в мире, в котором была реализована электродистанционная система управления. Что касается Sukhoi Superjet 100, то он является лучшей моделью на данный момент среди ближнемагистральных пассажирских самолетов России, зарекомендовал себя как очень надежная модель с высокими летно-техническими характеристиками.

Для обучения пилотов используется такая документация, как Flight Crew Training Manual (сокращенно — FCTM), в переводе — руководство по обучению летного экипажа. Оригинальная версия данной инструкции написана на английском языке, а ее перевод на русский является весьма трудоемким и энергозатратным процессом, который требует

высоких компетенций от переводчика. Необходимо обратить внимание на то, что данные руководства содержат огромное количество инфинитивов — неличных форм глагола, называющих процесс и сочетающих в себе признаки глагола и существительного, не имеющих категорий лица, числа и наклонения [2]. Например: to read — читать, to purchase — приобрести.

На данный момент не существует исследований по изучению такого аспекта, как использование инфинитивов в англоязычных руководствах по обучению летного экипажа пассажирских самолетов, что и обуславливает научную новизну данной работы. Актуальность исследования заключается в том, что в настоящее время существует потребность в авиационных специалистах с высоким уровнем владения английским языком для понимания эксплуатационной документации и недостаточной проработкой отдельных грамматических форм (в данном случае — инфинитивов). Исследование такого рода позволит не только понять роль и значение инфинитивов в документации FCTM, но также и предоставит возможность к более качественному и грамотному переводу этих руководств на русский язык, что является одной из важнейших задач в современном мире, т.к. хороших переводов либо очень мало, либо не существует вовсе. Также изучение данной темы целесообразно для студентов технических вузов, в особенности авиационных институтов и училищ. Изучая FCTM, студенты не только приобретают знания в области самолётостроения, но и языковые навыки, которые в дальнейшем позволят грамотно перевести авиатехнические тексты.

Объект исследования — процесс изучения английского языка. Предмет исследования — функции инфинитивов в эксплуатационной документации гражданских самолетов. Цель данного исследования — выявить особенности использования инфинитивов в руководствах по обучению летного экипажа самолетов Airbus 320 и Sukhoi Superjet 100. Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи: провести анализ использования инфинитивов в данных руководствах; сделать выводы о том, почему именно так используются инфинитивы в предложениях.

На основании проведенного исследования были получены следующие результаты. Если говорить о документации FCTM самолета Airbus 320, то здесь используется свыше двух тысяч инфинитивов, которые в большей степени используются в качестве обстоятельства и определения ( $\approx 50\%$ ), затем в качестве части составного глагольного сказуемого ( $\approx 20\%$ ), остальные проценты приходятся на оставшиеся функции инфинитива ( $\approx 30\%$ ). Это объясняется тем, что руководство, в большинстве своем, состоит из правил, что необходимо делать пилотам (Характерные вопросы для обстоятельства: с какой целью? Для чего? На что и отвечают инструкции для пилотов). Например, For example, a flare requires the PF to apply permanent aft pressure on the sidestick, in order to achieve a progressive flare — Например, посадка требует, чтобы пилот, контролирующий штурвал, оказывал постоянное заднее давление на боковой рычаг, чтобы добиться постепенной посадки и др. [3]. Если посмотреть на документацию FCTM самолета Sukhoi Superjet 100, то можем увидеть аналогичную картину, только уже с выборкой в  $\approx 1200$  инфинитивов, где также преобладают роли обстоятельства и определения [4].

Подводя итог вышесказанному можно сделать следующие два главных вывода:

1. Инфинитивы — важный аспект изучения английского языка т.к. в нашей речи они используются очень часто;
2. В основном, инфинитивы используются в руководствах по обучению летного экипажа самолетов Airbus A320 и Sukhoi Superjet 100 в качестве обстоятельство (в инструкциях и правилах для пилота) и в качестве определений (указывают на предназначение определяемого слова, например предназначения предметов в кабине пилота);
3. Грамматика как раздел языкознания занимается, в частности, исследованием синтаксических конструкций, представляющих интерес для изучения и анализа грамматической системы английского языка [1]. Изучение такого аспекта грамматики, как

использование инфинитивов несет огромную практическую значимость для людей, изучающих английский язык.

Список используемых источников:

1. Лысенко, С. В. Теоретические основы грамматической системы английского языка радиообмена в авиации / С. В. Лысенко // Филологические науки. Вопросы теории и практики. — 2022. — Т. 15, № 7. — С. 2285-2290. — DOI 10.30853/phil20220356;
2. Молчанова С.Е. Специфика употребления инфинитива в современных английском и русском языках. — Тамбов: Грамота, 2016. №9(63): в 3 х ч. Ч. 3. С. 130;
3. Airbus A318/A319/A320/A321 — Flight crew training manual — 2008 [Электронный ресурс] // Электрон. дан. — URL: <https://www.737ng.co.uk/A320%20321%20FCTM%20Flight%20Crew%20Training%20Manual.pdf> (дата обращения: 23.02.2023);
4. SJ-FC-RRJ95/FCTM — Rev. 4.1.1 — Flight crew training manual — February 2010 [Электронный ресурс] // Электрон. дан. — URL: <https://www.avsim.su/f/dokumentacija-obschego-znacheniya-16/komplekt-tehnicheskoy-dokumentacii-superdzheta-100-65092/zip> (дата обращения: 01.03. 2023).

### **Разработка упражнений по переводу «ложных друзей переводчика» в текстах авиационной тематики**

Кокутина А.С.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Качество перевода научно-технических текстов, где исключительно важна точность терминов во избежание критических последствий, зависит, в частности, и от верного перевода «ложных друзей переводчика» (ЛДП), имеющих графическую, фонетическую, грамматическую, а часто и семантическую общность, что может при переводе провоцировать ложные отождествления.

Актуальностью данной работы является необходимость обучения студентов грамотному переводу ЛДП по материалам авиационной тематики на базе модернизации и адаптации созданного ранее пособия.

Целью работы является пополнение пособия автора новыми упражнениями на отработку грамотного перевода ЛДП.

Теоретической базой данного исследования являются работы Ю.К. Бабанского, Л.С. Бархударова, М.А. Морозовой, Т.В. Яхно.

Новая глава сборника разрабатывается на основе следующих принципов:

#### 1. Лексическая составляющая

При отборе лексического материала из аутентичных текстов авиационного профиля автор базировался на следующей типологии ЛДП:

- Межъязыковые омонимы (actual, cabin, tank);
- Межъязыковые паронимы («ложные братья») — silicon (кремний) / silicone (силикон);
- Этимологические дублеты (channel — canal, mayor — major);
- Интернационализмы (injection, gas).

#### 2. Дидактическое обоснование

Методической базой новой главы сборника являются принципы научности, систематичности (с опорой на предыдущие главы пособия), доступности, наглядности.

Упражнения варьируются на базе видоизменения, имитации, трансформации и подстановки.

К примеру, используется задание Multiple choice: Выберите верный вариант перевода: работа-операция; инцидент-происшествие; рулежка-такси. «Safe aircraft operations can be accomplished and incidents eliminated if the pilot is properly trained early on and throughout their flying career on standard taxi operating procedures and practices».

Также предлагаются таблицы.

Match the translator's false friends with their appropriate translation in Russian.

- |               |    |               |
|---------------|----|---------------|
| 1) accurately | a) | карта         |
| 2) adequate   | b) | теоретический |
| 3) ideal      | c) | точно         |
| 4) marginally | d) | оборот        |
| 5) cabin      | e) | незначительно |
| 6) incident   | f) | рулежка       |
| 7) taxi       | g) | салон         |
| 8) index      | h) | происшествие  |
| 9) revolution | i) | трение        |
| 10) friction  | j) | указатель     |
| 11) chart     | k) | достаточный   |

Задания даются на английском языке.

Translate the following sentences into Russian using technical dictionary if it is necessary. Pay your attention to the translator's false friends in bold.

«After the necessary information has been gathered, the pilot's decision should be passed on to those concerned, such as air traffic controllers, crew members, and passengers».

### 3. Принцип интеграции знаний

Автор предлагает концепцию активного внедрения речевого опыта студентов для использования языковой догадки. Например, в задание по переводу ЛДП (A list of general applications in structural engineering of aluminium alloys in civil engineering is given in the table.) включены альтернативные варианты перевода термина list, что облегчает инженеру подбор эквивалента.

Студентам лингвистам интеграция знаний узкоспециальной аэрокосмической лексики помогает в активизации практики речи и отработке алгоритмов перевода.

В помощь студентам предлагаются «Большой англо-русский и русско-английский авиационный словарь» Е.Н. Девниной, словари В.В. Акуленко, Л.И. Борисовой и А.И. Пахотина, а также интеграция фоновых знаний авиационных реалий.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Обучение переводу «ложных друзей переводчика» в авиационной сфере крайне важно, поскольку отсутствие адекватного перевода технической лексики может приводить не только к искажению смысла текста, но и к критическим ошибкам в эксплуатации.

2. Наличие вариативности «ложных друзей переводчика» в английском языке требует грамотного подхода к их переводу, особенно в технической, авиационной терминологии, представляющей особую сложность за счет узконаправленного семантического поля.

3. При разработке данной главы пособия в языковом плане сделан акцент на лексическую составляющую материала, а в дидактическом аспекте приоритет отдан методическим принципам научности, систематичности, доступности, наглядности.

4. Дополнение первых глав сборника специальными упражнениями на отработку навыков перевода ЛДП, которые впоследствии войдут в пилотное пособие по техническому английскому языку в помощь студентам лингвистам — переводчикам для аэрокосмической отрасли, даст возможность более четкому формированию умений перевода узкоспециальных терминов авиационной тематики.

Список используемых источников:

1. Педагогика : [Учеб. пособие для пед. ин-тов / Ю. К. Бабанский, Т. А. Ильина, Н. А. Сорокин и др.]; Под ред. Ю. К. Бабанского. — Москва : Просвещение, 1983. — 608 с

2. Бархударов Л. С. Язык и перевод (Вопросы общей и частной теории перевода). М., «Международ. отношения», 1975. — 240 с.

3. Морозова М.А. Особенности технического перевода научных текстов авиационной тематики/ Метод. пособ. Ульяновск: УГТУ, 2005.

4. Яхно Т.В. Ложные друзья переводчика в сфере науки и техники [Электронный ресурс] / Т.В. Яхно, Н.А. Косачева // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — № 1(11) 2021. — Режим доступа: <https://mnv.irkups.ru/toma/111-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 19.10.22).

## **Лингвистические особенности американских авиационных текстов**

Королева Е.С., Кристев А.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Традиционно изучение американского варианта английского языка носит филологический характер, и многие исследования направлены на выявление основных языковых различий между британским и американским вариантами английского языка. При этом, основные различия между британским и американским английским обычно сводятся к различиям в грамматике, фонетике и лексике.

Между тем, с активным развитием авиации, аэрокосмической отрасли важное значение приобретает изучение текстов авиационной тематики. Понимание узкоспециализированных текстов, составленных с учетом особенностей американского варианта английского языка, невозможно без знания этих особенностей, в частности грамматических; в то время как большинство исследований, существующих на сегодняшний день, посвящены прежде всего лексическим и фонетическим особенностям американского варианта английского языка. Все вышеперечисленное обуславливает актуальность настоящего исследования.

Целью работы явилось изучение фонетических, лексических и грамматических особенностей американского варианта английского языка на основе публицистических текстов авиационной тематики.

В рамках научного исследования помимо рассмотрения отличительных фонетических особенностей американского варианта английского языка, была рассмотрена специфика авиационной терминологии. В настоящее время авиация развивается бурными темпами, и каждый язык профессиональной деятельности имеет определенный набор терминов. В связи с этим, переводчику необходимо знать и оперировать терминами в области своей работы, так как верное понимание узкоспециализированных текстов заключается в понимании терминов.

В ходе работы также был проведен сравнительный анализ грамматических особенностей американского и британского вариантов английского языка на основе публицистических текстов авиационной направленности, в ходе которого были выявлены такие особенности, как отсутствие определенного артикля в американском английском перед некоторыми существительными, более частотное употребление сослагательного наклонения, использование неопределенных форм вместо совершенного вида, превалирование модальных глаголов.

Вывод. Особенности американского варианта английского языка охватывают широкий круг явлений: способы выражения понятий и содержания языковых единиц на лексико-семантическом уровне, морфологические и синтаксические особенности в употреблении языковых единиц, фразеологические элементы. Данные особенности находят свое проявление и в текстах авиационной тематики.

## **Особенности перевода терминологии в области искусственного интеллекта**

Кузнецова Д.А., Фуканчик Т.С.

Научный руководитель — Трембач Т.Г.

МАИ, Москва

Середина двадцатого века считается золотым веком интеллектуальных машин. Присутствие Искусственного Интеллекта (ИИ) в современном мире можно встретить повсюду: в камерах наружного наблюдения, в умных домах, в электронных нянках, в хирургических операционных, в мобильных часах и в других постоянно модифицирующихся электронных устройствах. Освоение новых технологий, любые изменения в науке и технике находят отражение и в языке. Появляются новые термины или уточняются уже существующие и они становятся объектом исследования филологов и лингвистов.

Актуальность исследования заключается в том, что стремительное распространение искусственного интеллекта влечет быстрое пополнения ИИ терминологии и вызывает потребность обработки и систематизации новых и существующих терминов и выработки определённой переводческой стратегии, способствующей адекватному пониманию и корректному переводу англоязычного текста.

Основные понятия науки об искусственном интеллекте все больше выходят за рамки профессиональной лексики и для их правильного перевода необходимо не только иметь хорошие переводческие навыки, но и обладать твердым пониманием ИИ-технологий и процессов. Корректность перевода терминов в сфере искусственного интеллекте становится особенно важным в отраслях, несущих прямую угрозу жизни человечества, таких как ядерная энергетика, медицина, космическая и оборонная промышленность.

Методология: описательный метод, теоретический анализ, систематизация, классификация. Материалом для анализа служат актуальные аутентичные английские статьи из средств массовой информации.

Целью работы является изучение основных терминообразующих моделей, применяемых переводчиками в области искусственного интеллекта, анализ этимологии появления новых терминов, выявление терминологических особенностей, способов их перевода и сложностей, которые могут возникнуть в процессе перевода.

Новизна исследования заключается в изучении системных подходов перевода IT-терминов, анализе наиболее продуктивных моделей образования их и анализе появления неологизмов.

Обзор научных публикаций подтверждает факт, что на данную тему активно проводятся исследования. Так, в научной статье Винокурова Т. Н. выделяются структурные особенности терминологии искусственного интеллекта в английском языке и анализируется происхождение некоторых понятий исследуемой терминологии [1]. А Станкевич Я. А., Н. С. Марков исследуют терминологию смежным искусственному интеллекту областям — IT в целом и оптоинформатики. [2][3]. Однако данная тема не рассматривалась в контексте переводов терминологии ИИ (Artificial Intelligence).

Перевод научных терминов должен передавать оригинальную семантику и соответствовать нормам русского языка. Научные статьи, посвященные искусственному интеллекту, обладают особенностями, усложняющими процесс восприятия и адекватного перевода. Например, трудности могут возникнуть при переводе названий технологий, не получивших распространения в русскоговорящих регионах и потому не имеющих названия.

Некоторые исследователи в качестве продуктивных моделей для образования терминологии в сфере ИИ выделяют некоторые наиболее распространённые модели. Анализ терминов показывает, что значительное количество терминов представлено словосочетаниями. Они могут быть двухкомпонентными, имеющие схему прилагательное + существительное. Например: artificial consciousness — искусственное сознание, electronic circuits- электронные схемы.

Но существует также и другая модель двухкомпонентного сочетания — «существительное + существительное». Например: machine intelligence- машинный интеллект, containment algorithm- алгоритм сдерживания.

В данной модели в качестве первого компонента часто встречается имя собственное, обозначающее имя учёного. Примеры : Petri network — сеть Петри, Turing machine — машина Тьюринга.

Выделяются также свободные и фразовые терминологические сочетания. Свободные термины имеют возможность замены элементов при сохранении семантической целостности всего сочетания. Фразовые терминологические сочетания также как и фраза имеет структуру, идентичную фразе, где действуют синтаксические правила, связь между словами устанавливаются с помощью предлогов или союзов. Например: proof-of concept study- исследование обоснованности концепции.

Выделяются ядерные термины, состоящие из нескольких компонентов, где один элемент является его смысловым центром. Например: workspace algorithm, machine-learning algorithm.

Вывод: Терминология искусственного интеллекта включает в себя интерференцию терминов из различных областей наук, которые сохраняют свое лексическое значение, поскольку задачей искусственного интеллекта является создание машин, умеющих мыслить, подобно человеку. Несмотря на сложность и новизну терминологии искусственного интеллекта, трудности, связанные с ее переводом, решаются при помощи создания терминообразующих моделей, изучения неологизмов и акцентированию внимания на исследовании этимологии терминов.

Список используемых источников:

1. Винокурова Т. Н., Структурные особенности терминологии искусственного интеллекта в английском языке, Международный научно-исследовательский журнал, 2016
2. Станкевич Я. А., Особенности перевода современной IT- терминологии с английского языка на русский: сопоставительный анализ, Иностранные языки и межкультурная коммуникация, 2020
3. Н. С. Марков, Проблемы перевода научно-технической терминологии с русского языка на английский (на материале предметной области оптоинформатики), ЮУрГУ, Челябинск, 2017.
4. Хасанова Л.В., Матвеева А.В., Трудности перевода терминологии искусствоведения с английского на русский язык, Казанский вестник молодых ученых, 2017

### **Эллипсис и его особенности в англоязычных авиационных текстах**

Лелюк С.В., Лыков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования. Явление эллипсиса актуально для современного мира, где скорость передачи информации возрастает с каждым днем, в связи с чем данное явление все более применимо не только в живой разговорной речи, но и в публицистических текстах, телевизионной коммуникации, при общении в сети Интернет.

Исследованием эллиптических конструкций занимались как отечественные, так и зарубежные лингвисты. Тем не менее, до сих пор в лингвистической литературе нет единого мнения относительно основных семантических и структурных особенностей эллиптических предложений; противоречиво само понятие эллипсиса, которое толкуется в зависимости от основного подхода, с точки зрения которого рассматривается данное явление. Все вышесказанное обуславливает актуальность настоящего исследования.

Целью данной научной работы является анализ структурных и семантических особенностей эллиптических конструкций на материале сценария к фильму Экипаж 2012 г.

Исследование. Как было отмечено выше, существуют разные подходы к определению явления эллипсиса и к классификации эллиптических конструкций. Одни ученые рассматривают в качестве эллиптических любые предложения с опущенным элементом [1, 2].

Другие лингвисты (О.С. Ахманова, Л.С. Бархударов) под эллипсисом понимают пропуск главного элемента высказывания, легко восстанавливаемого в контексте или ситуации. Таким образом, эллипсис чаще всего зависит от контекста. В связи с этим выделяются два вида эллипсиса: контекстуальный эллипсис, в котором пропущенный элемент восстанавливается из окружающего контекста, и ситуативный эллипсис, в котором на пропущенный компонент указывает речевая ситуация коммуникации. В настоящем исследовании за основу берется вторая точка зрения.

В рамках исследования эллиптические конструкции изучались на примере сценария к фильму «Flight» 2012 г. В ходе работы было выявлено, что в 39% случаев встречаются конструкции с невыраженным подлежащим и частью сказуемого, 26% из изученных предложений составляют эллиптические конструкции с невыраженным вспомогательным глаголом. Конструкции с невыраженной именной частью составного сказуемого и

предложения с нулевым подлежащим и сказуемым встречаются в данном фильме примерно в одинаковом количестве, 13% и 10% соответственно. Далее идут предложения с нулевым подлежащим, выраженным личным местоимением или вводящим «it» (8%). Конструкциями с наименьшим процентом употребления являются предложения с невыраженным сказуемым (3%) и конструкции с нулевой формой неполнозначных глаголов (1%).

Вывод. Эллипсис является одним из самых интересных и нестандартных языковых явлений английского языка. Особенно данный вопрос актуален для перевода, как синхронного, так и перевода литературных произведений и кинофильмов с английского языка. Переводчик сталкивается с трудностями при переводе эллиптических конструкций. Поэтому, в процессе перевода сначала необходимо восстановить опущенные члены предложения и затем переводить их, чтобы донести правильно смысл, не исказив стилистику текста.

Список используемых источников:

1. Stokoe, H.P. The Understanding of Syntax. — L., 2018. — 279 p.
2. Quirk R., Greenbaum S., Leech G., Svartvik J. A Comprehensive Grammar of the English Language. — London: Longman Group (UK) Ltd., 1995.

## **Геймификация в изучении иностранных языков**

Лунева К.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кузнецова А.В.

МАИ, Москва

На современном этапе, когда интенсивно развиваются цифровые технологии возрастает роль компьютерных программ в образовательном процессе. Все чаще встает вопрос о важности и целесообразности использования виртуальной реальности в изучении иностранных языков в авиационном сегменте, при этом исследуя как положительные, так и отрицательные стороны внедрения технических форм и методов преподавания.

Актуальность данной работы заключается в необходимости изучить разные подходы изучения языков через использование игровых программ

Целью работы является изучение вопросов применения элементов геймификации в процессе обучения иностранному языку в авиационном вузе.

Задачи:

1 реализовать процесс обучения с использованием геймификации и VR

2 повышение эффективности изучения иностранного языка

В работе выдвигается гипотеза о повышении интереса к изучению иностранных языков через внедрение геймификационной системы в процесс обучения студентов.

Автор данного исследования, анализируя последние статьи по геймификации в сфере лингвистики, рассматривает необходимость создания обучающих игровых приложений как альтернатива традиционному обучению в ВУЗе.

Разделение мотивации на внутреннюю и внешнюю рассматривается, как значимый фактор, направленный на получение знаний в авиационной сфере через геймификацию.

Новизна состоит в том, что впервые в процессе геймификации выделен лексический блок по авиационной направленности.

В качестве исследования, автор провел опросы:

Как часто вы играете в игры для получения новой авиационной лексики?

1. Доводилось ли вам изучать строение самолета благодаря играм?
2. Повышалась ли ваша мотивация к учебе благодаря геймификации?
3. Усваивается ли новая лексика лучше через игры или же через лекции?
4. Проводилось ли обучение через игры в вашем ВУЗе?
5. Хотели бы вы видеть курс геймификации в своем университете?

Анализ отчетов тестируемых показывает, что при выполнении виртуальных интерактивных заданий для изучения авиационного английского языка существует положительная связь между общим количеством принятых стратегий и результатами тестов. Полученные данные свидетельствуют о том, что использование интерфейса и

смоделированных задач в виртуальном мире может предоставить изучающим язык более подлинные возможности для выполнения целевых задач и продвижения лингвистической компетентности.

Значимость проведенного исследования состоит в создании специального предмета для изучения авиационной лексики через геймификацию и повышение мотивации у студентов к учебе.

Список используемых источников:

1. Алексеева А.З., Соломонова Г.С., Аетдинова Р.Р.// Геймификация в образовании
2. Лавренева Е.В., Белопольский В.А., Мелентьев В.В., Рождественский И.В.// Технологии геймификации и виртуальной реальности в обучении практическому владению иностранным языком. 2020
3. Матюк, Е. В. //Применение геймификации на уроках иностранного языка как способ повышения мотивации обучающихся. 2022

## **Лингвистические особенности текстов по военной авиации на английском языке**

Мангушев Р.Р., Рожкова В.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдянова А.В.  
МАИ, Москва

Актуальность данной исследовательской работы заключается в высокой значимости военной авиации на современном театре военных действий, а также необходимости грамотного перевода и анализа всех соответствующих документов и материалов на иностранных языках.

Военная авиация с самого начала играть существенную роль в военных операциях, поэтому ведущие страны стремились и стремятся развивать авиационную технику и вооружение для неё. Самые крупные мировые фирмы постоянно проводят исследования, разрабатывают новые проекты и проводят испытания. Всё это отражается в особом жанре литературы, который имеет свои специфические характеристики и является крайне интересным объектом лингвистического исследования.

Целью настоящего исследования является всесторонний анализ технических (военно-авиационных) текстов на английском языке и их лингвистических особенностей.

Исследование. В рамках работы были изучены научно-технические тексты, посвященные военной авиации, проанализированы энциклопедии и инструкции по эксплуатации американских военных самолетов.

Как и любой другой поджанр научной литературы, тексты авиационной тематики представляют собой уникальный и специфический вид работ, требующий к себе особого подхода с точки зрения лингвистического анализа.

В ходе проведенного исследования были выявлены общие черты военно-авиационных текстов: информационная насыщенность, понятность и логическая последовательность изложения, прагматичность, аргументированность, отвлеченность. Данные характеристики имеют большое значение, т.к. от правильного составления, восприятия и перевода данного вида работ зависит значительная часть авиационной сферы.

Помимо этого, были выявлены отличия текстов по военной авиации от других текстов авиационной тематики. Среди них следует отметить более строгий стиль повествования, системность изложения, повторяющиеся структуры, наличие в текстах нелингвистических подсистем (рисунков, формул, знаков).

Среди структурно-семантические черт текстов по военной авиации стоит отметить общую структуру данных работ и насыщенность информацией для каждой структурной единицы текста.

В процессе работы были рассмотрены также лексические особенности военно-авиационных текстов [2]. В частности, представлен общий лексический состав и анализ часто упоминаемой терминологии, тематические группы для разных частей речи.

В рамках морфолого-синтаксического анализа были изучены наиболее употребляемые грамматические и синтаксические конструкции, средства оценочно-личных суждений, системы связи между предложениями и типы предложений [1].

Выводы. Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод о том, что научно-технические тексты авиационной тематики имеют свои специфические жанровые черты, которые выделяют их на фоне остальной научной литературы. Понимание, умение анализировать и грамотный перевод подобных работ может помочь специалисту в авиационной отрасли совершать новые открытия и способствовать общему прогрессу авиасферы.

Список используемых источников:

1. Морозова М.А. Особенность технического перевода научных текстов авиационной тематики. — Ульяновск.: Ульяновский государственный технический университет, 2005. — 27 с.

2. Судовцев В. А. Научно-техническая информация и перевод. Пособие по английскому языку: Учеб. пособие. — М.: Высш. шк. 1989. — 232 с.

### **Использование технологии чат-ботов при самостоятельном изучении английского языка**

Минеева С.А., Меркулов Ф.А., Шукайло Е.А.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

В наши дни мессенджер Telegram набирает всё большую популярность. Он становится одной из самых распространенных платформ для общения. Вряд ли встретишь человека, не имеющего понятия о данном мессенджере, ведь новостные ленты пестрят заголовками о создании умных Telegram чат-ботов, проявляющих себя в разнообразных сферах. Люди же всё больше и больше стремятся к саморазвитию, самосовершенствованию и в этом деле помощником они видят собственное мобильное устройство — лаконичное, удобное и всегда находящееся под рукой. Так почему бы не доверить обучение английскому языку, играющему важную роль в жизни каждого современного человека, мессенджеру Telegram?

Цель данного исследования — рассмотреть возможность использования мессенджера Telegram в изучении английского языка. Для этого был проведён анализ самых распространенных образовательных чат-ботов, определены их преимущества и недостатки, выявлены особенности интерфейса каждого чат-бота, влияющего на построение процесса обучения. На основе проведённого анализа была представлена идея улучшения изучения английского языка с использованием данной платформы, рассмотрена техническая сторона, влияющая на разработку чат-ботов.

Возможность свободного использования образовательных чат-ботов в мессенджере Telegram для самообразования — хорошая перспектива, так как чат-боты данной платформы имеют множество преимуществ перед другими цифровыми технологиями обучения: сайтами, приложениями, чат-ботами в других социальных сетях.

Сегодня люди большую часть свободного времени проводят в своём мобильном устройстве, что приводит к привлечению большего количества пользователей. Также исследования показали, что большим преимуществом использования чат-ботов является отсутствие дополнительной регистрации, это минимизирует необходимость предоставления личной информации и раскрытия персональных данных. А низкое потребление мобильного трафика, минимальный результат — 0,42 МБ за один час использования, делает эту платформу наиболее доступной из имеющихся (ВКонтакте, WhatsApp, Viber и другие).

По итогам нашего исследования, несмотря на распространение мессенджера Telegram, использование чат-ботов в качестве основного инструмента для самостоятельного изучения английского языка не является настолько эффективным, чтобы он мог заменить все существующие цифровые образовательные технологии. Поиск и разработка идеального чат-

бота для самостоятельного изучения английского языка является одной из актуальных тем и требует дальнейшего исследования.

Список используемых источников:

1. Будникова, А.С. Использование чат-ботов при изучении английского языка / А.С. Будникова, О.С. Бабенкова // Учёные записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. — 2020. — №3(55) — С. 1-5.
2. Ятманов, В.А.Использование чат-ботов при изучении английского языка / В.А. Ятманов, Г.Р. Фисханова // Материалы Национальной научно-практической конференции. Гуманитарные науки и образование. — С.126-130.
3. Ayedoun, E. A Conversation Agent to Encourage Willingness to Communicate in the Context of English as a Foreign Language / E. Ayedoun, Y. Hayashi, K. Seta // Procedia Computer Science. — 2015. — № 60. — pp. 1433-1442.
4. Coniam, D. An Evaluation of Chatbots as Software Aids to Learning English as a Second Language // The EuroCALL Review. — 2008. — № 13. — pp. 2-14.

### **Средства выражения модального оттенка вероятности в текстах авиационной тематики**

Новиков Н.А., Мартынюк С.И., Харламова А.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. На протяжении десятилетий категория модальности не перестает находиться под пристальным вниманием лингвистов. В разные годы изучением данной темы занимались как зарубежные, так и отечественные ученые [1,2,3].

Однако, такие спорные вопросы, как объем категории модальности и проблема определения ее статуса в языке, до сих пор не решены. Вместе с тем, актуальность исследования обусловлена важностью и недостаточностью всестороннего изучения категории модальности вероятности в лингвистике, а также средств ее выражения в современном английском языке.

Исследование. Под понятием модальности в работе понимается лексико-грамматическая сфера, которая находит отражение в разных уровнях языка (морфологическом, синтаксическом, интонационном). Категория модальности указывает либо на связь действия с реальностью, либо отношение говорящего к действию. Говорящий не только делится информацией с адресатом, но и выражает свою оценку.

Модальное значение вероятности (предположения) выражает оценку со стороны говорящего связи между содержанием высказывания и действительностью, основанную на предположении говорящего о возможности такой связи. В отличие от значения логической необходимости вероятностная оценка не основана на наличии очевидных фактов или свидетельств, она базируется на неполном знании о действительности.

Основными средствами выражения предположительной модальности в современном английском языке являются модальные глаголы, модальные слова и модальные фразы.

В рамках практического исследования был проведен количественный анализ средств выражения модальности предположения на основе сценариев английских фильмов авиационной направленности. Было установлено, что в английских текстах авиационной тематики наиболее частотными являются модальные слова, которые составляют 25 % от общего числа выявленных примеров в данных фильмах. Далее по частоте использования следуют модальные глаголы (25 %) и модальные фразы (14 %).

В работе был также проведен сравнительный анализ текстов авиационной тематики на английском языке и авиационных текстов на русском языке на предмет выявления особенностей функционирования в них средств предположительной семантики. В результате данного анализа было установлено, что в русских текстах авиационной тематики наиболее частотными являются модальные слова, которые составляют 27 % от общего количества

примеров. Следующими по частотности идут модальные фразы (13 %), модальные глаголы (7 %) и модальные предикативы (6%).

Вывод. Модальность реализует свою функции в языке через разнообразные модальные единицы. Данные модальные единицы дифференцируют текстовые фрагменты в содержательном плане и являются признаком субъективности в тексте.

Предположительная модальность может выражаться в языке равноуровневыми средствами, которые характеризуются большим спектром оттенков и широким употреблением не только в разговорной речи, но и в текстах различной тематики, в том числе в авиационных текстах на английском и русском языках.

Список используемых источников:

1. Блох М. Теоретическая грамматика английского языка. — М.: Высшая школа, 2008
2. Балли Ш. Общая лингвистика и вопросы французского языка — М.: Изд-во иностранной литературы, 1955
3. Немец Г.П. Грамматические средства выражения модальности в русском языке. — Харьков, 1991

### **Особенности австралийского варианта английского языка (на примере авиационных текстов)**

Нуждина А.П., Серебrenникова Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Интерес к особенностям австралийского варианта английского языка вызван как разнообразием вариантов английского языка, так и сложностью их употребления. Нельзя не упомянуть и нарастающий интерес к особенностям австралийской культуры. С середины XX в. австралийский вариант английского языка стал восприниматься как равноправный национальный вариант английского языка, как язык одного из ведущих экономических, политических и культурных центров [1].

Характерные черты языка напрямую взаимосвязаны с особенностями культуры, этноса, народа, людей, говорящих на этом языке. Благодаря растущему уровню доступности сети Интернет в наши дни, а также большому объёму информации любой человек может открыть для себя что-то новое и в языковой среде, например, выявить отличительные особенности австралийского варианта английского языка. При этом данные особенности проявляются не только в повседневной жизни, но и в авиационной сфере.

Целью работы является исследование и выявление особенностей современного австралийского варианта английского языка с точки зрения грамматики и лексики на материале текстов авиационной направленности.

Исследование. В числе лексических особенностей австралийского варианта английского языка следует отметить использование большого числа сокращений и сленговых выражений. В ходе работы были изучены способы формирования и образования австралийского сленга. Среди них можно выделить следующие:

1. Аббревиации заканчивающиеся на -ie (an Australian — an Aussie, breakfast — brekkie, barbecue — barbie, a mosquito — a mozzie).
2. Аббревиации заканчивающиеся на -o (a musician — a muso, a service station — a servo, pregnant — preggo).
3. Слова, образованные путем сокращения (a university — a uni, awkward — awks, good day — g'day).

На грамматическом уровне отличия между австралийским и британским вариантами английского языка заключаются в следующем:

1. Расхождения в системе именных форм, связанных с категорией числа (data, agenda).
2. Расхождения в частотности употребления отдельных грамматических форм (единиц) (использование предлогов «around», «round», «about» и дублетных форм

«while/whilst» and «among/amongst» в качестве синонимов; употребление конструкции «am not» в форме «ain't").

3. Расхождения в употреблении shall и will, should и would (замена модальных глаголов shall и should на will и would соответственно).

Все вышеперечисленные отличительные особенности австралийского варианта английского языка прослеживаются и в текстах авиационной тематики. В результате анализа публицистических текстов из австралийского журнала авиационной направленности было установлено, что сленг как лексическая особенность австралийского английского употребляется в них относительно часто. Однако в текстах официального характера гораздо чаще встречаются грамматические особенности австралийского английского. Мы объясняем данный факт тем, что отличительная лексика, выраженная в сленге, более характерна для разговорного стиля речи. Среди грамматических особенностей в авиационных текстах преобладают главным образом замены модальных глаголов, что в полной мере раскрывает самобытность австралийского варианта английского языка.

Вывод. Австралийский вариант английского языка своеобразен и находит свое применение и в авиационном английском языке. Это обуславливается как достаточно широким использованием сленга, так и определенными отличительными грамматическими особенностями.

Список используемых источников:

1. Анахаева А.А. К вопросу об австралийском национальном варианте английского языка // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Вопросы образования: языки и специальность, 2011. № 2. — С. 5-8.

### **Профессионализмы в авиационном английском на основе художественного произведения Алистера Маклина «Ночи нет конца»**

Нуждина К.П., Девятова М.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кузнецова А.В.  
МАИ, Москва

Актуальность данной работы обусловлена несколькими причинами. Во-первых, стремительным развитием авиации, в ходе которой происходит специализация профессиональных знаний. Во-вторых, в связи с сотрудничеством с дружественными странами появляется небывалый спрос на специалистов со знанием узкоспециальной технической лексики. В-третьих, недостаточно освещены вопросы, связанные с установлением степени адекватности существующих русскоязычных версий «профессиональных романов» на авиационную тематику, что в ряде случаев может препятствовать достижению стоящих перед переводчиками задач.

Цель данной работы состоит в анализе профессиональной лексики авиационного английского языка, а также в изучении особенностей профессионализмов на примере англоязычного художественного произведения.

Изучению вопроса о профессиональной лексике английского языка посвящен ряд работ известных ученых. Под термином профессионализмы А. И. Гальперин подразумевает «слова, связанные с производственной деятельностью людей, объединенных одной профессией или родом занятий» [1]. Н. В. Терских же утверждает, что профессионализмы уместны преимущественно в разговорной речи людей одной профессии и функционируют в устной речи как «полуофициальные» слова, не имеющие строго научного характера [3]. Авиация — это международная сфера деятельности, в которой требуются знания иностранного языка. Я. М. Козловская считает, что помимо установленного языка авиации, существуют ещё и профессионализмы данной сферы, которые используются достаточно часто [2]. Выбор материала исследования — «Night without end» (Alistair MacLean) — объясняется тем, что именно в этом художественном произведении отражается лексика авиационного английского языка. При выполнении исследования использовались методы сопоставительного и структурного анализа.

Новизна нашей работы заключается в том, что профессиональная лексика авиационного английского языка не была изучена в полном мере, а также в том, что наше исследование послужит вкладом в дальнейшее развитие вопроса о профессионализмах английского языка.

В настоящее время научных работ, описывающих в полной мере специфику конкретных слов авиационной тематики, а также инновации в данной сфере не так уж и много. В ходе нашего исследования было обнаружено, что профессионализмы в авиационной сфере являются неотъемлемой частью языка, которые развиваются и эволюционируют вместе с ним. Роман Алистера Маклина «Ночь без конца» послужил важным источником для анализа. Именно в данной книге содержится большой процент слов, относящихся к профессиональной авиационной лексике. Рассмотрим английское слово «cabin». Многие ошибочно переводят его как «кабина», однако в авиационном английском оно должно переводиться как «салон». Рассмотрим предложение: Inside the cabin the temperature was forty-four degrees centigrade below zero. Переводчик использует приём модуляции при переводе, вместо «кабины» он использует нейтральное слово «берлога»: «Спустившись в нашу берлогу, я на несколько дюймов приоткрыл крышку люка...». Английское словосочетание «radio operator» переводится на русский язык как «радист». Необходимо уточнить, что радист — это человек, который поддерживает связь с землей, производит пеленг для определения местоположения самолета и выполняет другие задачи, связанные с радиосвязью. Рассмотрим предложение, где нам встретилось данное слово: She had probably killed the radio operator to stop him from talking. Переводчик заменяет слово «радист» на слово «пилот»: «Я ничуть не сомневался, что именно эта девица задушила подушкой молодого пилота». В связи с этим существует необходимость не только в разработке, но и в постоянном обновлении статей по авиационному английскому языку на основе художественной литературы.

Выводы. Тема исследования имеет практическое значение, поскольку изучение профессионализмов в авиационном английском является необходимым во избежание непонимания в профессиональной сфере. Лексика не должна переводиться буквально и механически, именно поэтому данная работа направлена на то, чтобы авиационную лексику можно было тщательно изучить в контексте художественных произведений.

Список используемых источников:

1. Гальперин И. Р. Очерки по стилистике английского языка // Издательство литературы на иностранных языках. 1958. 459 с.
2. Козловская Я. М. Специальная лексика английского языка в сфере авиации // XV Машеровские чтения. 2021. С. 198-200.
3. Терских Н. В. О специфике основных разрядов профессиональной лексики (на примере английской терминологии). 2010. С. 3.

## **Особенности НИРС в Институте иностранных языков МАИ**

Ошкова В.А.

Научный руководитель — профессор, д.и.н. Зубанова С.Г.

МАИ, Москва

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) — это одна из важных составляющих частей учебно-научного процесса в Институте иностранных языков (ИИЯ) МАИ. Цель нашей статьи состоит в том, чтобы показать в авиационном вузе своеобразие научной работы студентов — будущих переводчиков и доказать, что эта работа носит не только научный, но и воспитывающий характер.

Для НИРС характерна индивидуальная работа научного руководителя и студента, направленная на приобретение и совершенствование студентом навыков научной деятельности: освоение методов ведения исследовательской работы, анализа степени разработанности науке конкретной темы; тренировка ораторских навыков и участие в студенческих конференциях разного уровня. Студенты ИИЯ МАИ в рамках НИРС участвуют в различных мероприятиях, проводимых как в МАИ, так и в других вузах РФ. Преподаватели, которые ведут научное руководство по подготовке научных работ

студентов, педагоги, имеющие большой опыт в этой сфере; они умело сочетают в своей педагогической работе учебную, научную и воспитательную работу.

Особенностью тематики НИРС Института иностранных языков является изучение и исследование различных аспектов переводческой работы, лингвистические особенности русского и иностранных языков, а также межкультурной коммуникации. Темы могут быть страноведческими, анализирующими терминологию технической документации или материалы иностранных изданий по различным аспектам авиационно-космической отрасли.

Методология научных работ студентов Института иностранных языков включает в себя опросы и интервьюирования респондентов и анализ данных; выборку из текстов значимых для исследования лексических единиц, синтаксических конструкций или др. Таким образом, анализ, сравнение, систематизация, обобщение и статистический методы — неотъемлемая часть работы начинающего исследователя — лингвиста.

Ежегодно МАИ проводит различные научные студенческие конференции, включая «Гагаринские чтения», «Авиахакатон», «Авиация и космонавтика», «Аэрокосмическую декаду».

Говоря об участниках научных конференций от ИИЯ МАИ, нельзя не упомянуть студентов ИИЯ, которые за последние 5 лет с победным результатом занимались научно-исследовательской работой. Среди них Бернацкая М., Слепнёва Д., Хабулиани Т., Дебдина Е., Шушаква М., Кокутина А., Померанцев С., Бегунова М., Гришанович И., Голубева М.

Исследование, проведенное нами в виде опроса студентов бакалавриата ИИЯ, показало, что порядка половины опрошенных хотели бы заниматься научной деятельностью. Однако фактический результат на сегодняшний день имеют только около 10%, что является достаточно хорошим показателем, потому что на ступени бакалавриата занятость студентов научной работой не является первоочередной задачей.

Исследование показало, что в Институте иностранных языков также есть много обучающихся, которые хотели бы иметь опубликованные работы и заниматься публичными выступлениями. Это значит, что их можно привлечь к участию в научно-исследовательской деятельности. Студенты осведомлены о том, что участие в НИРС дает некоторые преимущества в будущем, например, при поступлении и аспирантуру, а также результаты НИРС в виде публикаций могут войти в портфолио будущего выпускника.

Научно-исследовательская деятельность студентов в МАИ является одной из важнейших составляющих частей научно-учебного процесса вуза. Вместе с тем, для преподавателей, осуществляющих научное руководство НИРС, эта деятельность тесно связана с решением задач в рамках воспитательной работы. НИРС развивает не только аналитические способности студентов, обучает методологии научных исследований, дает практику публикационной деятельности и участия в конференциях, но и прививает необходимые навыки коммуникации. Научно-исследовательская работа студентов под руководством опытных педагогов-исследователей также позволяет научным руководителям осуществлять воспитательную работу, подготавливая обучающихся к будущей профессии и прививая любовь к ней.

Вывод: НИРС — это деятельность, направленная на обучение студенческой молодежи особым профессиональным навыкам, это и «площадка» для апробации проведенных студентами различного рода исследований. Она в то же время является формой досуга, направленного на развитие интеллектуальных способностей и навыков научной деятельности студентов. Для преподавателей, занимающихся научным руководством НИРС — это также возможность реализовывать воспитательные задачи по формированию мировоззрения студентов и воспитанию патриотических чувств.

Список используемых источников:

1. Зубанова С.Г., Дебдина Е.Г., Деева Е.В. НИРС Института иностранных языков МАИ: задачи и результаты реализации. 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». В сб: Тезисы 19-ой Международной конференции. М., 2020: 856-857.

2. Степанова Н.А. НИРС как неотъемлемая составляющая образовательного процесса // Материалы XLVнаучно-методической конференции ТГПУ им. Л.Толстого. Тула, 2018. С. 370

## **Проблемы лексикографии в аэрокосмической сфере**

Петрова С.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Лысенко С.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день происходит глобализация информационного пространства, потому лингвистические проблемы, связанные с изучением языка и культуры других народов, становятся особенно актуальны. Это происходит из-за переплетения политических и социальных интересов представителей различных общностей.

Наиболее важным приоритетом в действительности является межкультурная коммуникация. Толковые и переводные двуязычные словари отлично помогают в её развитии, так как располагают информацией, которая вводит в социально-культурный контекст какого-либо народа. В свою очередь, отраслевые двуязычные словари содержат знание об особенностях определенной области научного знания.

Так, авиационные двуязычные словари содержат не только лексику, относящуюся к авиационной тематике, но и информацию об особенностях работы в организациях авиационно-космической сферы.

На сегодняшний день в процессе исследования современной авиационной двуязычной лексикографии возникает ряд проблем. Среди них — необходимость понимания природы подобных словарей, выявление наиболее ёмкого типа авиационных двуязычных словарей, формулировка основных проблем, возникающих в процессе их создания и способы их решения. Всё это обуславливает цель работы — повышение эффективности применения авиационных двуязычных словарей.

Так, в ходе исследования было выяснено, что наиболее ёмкими авиационными двуязычными словарями являются Большой англо-русский авиационный словарь и русско-английский словарь новой авиационной техники. В них собрана информация об авиационно-технической терминологии.

В процессе создания словарей возникают следующие проблемы: чрезмерный субъективизм автора, имеющий место в вопросе порядка включения значений многозначных лексем, вопрос учёта интралингвистических и экстралингвистических факторов.

Исходя из результата исследования можно сделать вывод, что все перечисленные проблемы могут решиться путём опроса информаторов и анализа специальной литературы.

Список используемых источников:

1. Апресян Ю.Д., Лексикографическая концепция Нового большого англо-русского словаря, М.: — 1993.

2. Судзиловский Г.А., Методические вопросы специализированной двуязычной лексикографии, М.: — 2022.

## **Создание англоязычной среды в авиационном вузе посредством геймификации**

Полухин А.А., Ивинский И.А.

Научный руководитель — Старикова И.Ю.

СФ МАИ, Ступино

Формирование и развитие англоязычной среды посредством геймификации является одной из новейших технологий организации учебного процесса в техническом вузе. Геймификация недостаточна изучена, хотя обладает значительным потенциалом в образовательном процессе при обучении бакалавров в качестве драйвера мотивационной активности студенческой молодежи.

Объектом исследования является — геймификация в авиационном вузе.

Предмет исследования — изучение английского языка посредством геймификации.

Цель исследования показать на базе Ступинского филиала МАИ (НИУ) возможности применения игровых технологий на практических занятиях по иностранному языку у бакалавров первого курса технических направлений.

На основании поставленной цели были выделены следующие задачи исследования:

- Изучить имеющиеся научно-педагогические труды, посвящённые геймификационным технологиям;
- Обосновать актуальность применения данного подхода;
- Описать практическое применение в вузе технологии геймификации;
- Выявить плюсы и минусы геймификации при обучении студентов вуза.

Понятийное определение термина геймификации напрямую связано с созданием игровой образовательной среды для обучения индивида посредством вовлеченности в выбранную сферу изучения. Область применения будет различной: от изучения курса по предпринимательству до продвижения идеи привести своё тело в порядок, активно занимаясь фитнесом.

Знание английского языка сегодня востребованы при получении выпускником вуза престижной работы, поэтому у абитуриентов, поступивших учиться в авиационный вуз наличествуют, как правило, большие амбиции по этому поводу. Знания английского языка для специальных целей сегодня являются востребованы у выпускников транспрофессионалов, которые технически подкованы не только в английском языке, но и в точных и естественных науках. Однако не для всех студентов технического вуза выучить иностранный язык легко, для многих это обучение становится проблемой, так как они недостаточно мотивированы в его изучении. Многие виды изучения языка являются устаревшими и не способными заинтересовать студента технического вуза.

Одной из основных движущих сил к обучению студентов авиационного вуза является мотивация, активизация которой зависит от квалификации преподавателя, его желания вовлечь студентов в процесс обучения, сплочённости данной группы и её желания быть мотивированными к такому виду изучения языка.

Игра заслужено считается эффективным методом обучения, так как под влиянием чувства соперничества, состязательности и соревновательности она мотивирует игроков найти верные ходы, принять правильные решения для достижения победы. В процессе игры постоянно приходится проявлять различные умения, навыки для охвата и привлечения всей аудитории присутствующих студентов к занятиям, что позволяет и преподавателю проявить смекалку, организованность и выдержку для введения лексического, лингвистического, фонетического и грамматического контента в языковую игру.

В ходе командой игры участники непременно обязаны использовать свои средства коммуникации с союзниками. Если условием игры будет являться необходимость использовать английский язык для построения планов, для их взаимообмена и приведения этих планов в действие, то дух соперничества обязательно заставит игроков применять свой английский язык, который будет развиваться в соревновательном процессе. Получение новых знаний для формирования конструктивной модели поведения в современной поликультурной реальности позволит студентам достичь совершенства при изучении другого языка.

Чтобы увеличить пользу от игры, она должна проводиться в доброжелательной и творческой атмосфере и, прежде всего, быть тщательно спланированной. Однако метод геймификации не лишён недостатков. Постоянное применение этого способа может развить у обучающихся студентов нежелание учиться иным образом. И тогда, по сложившемуся мнению, другие подходы к изучению английского языка утратят к себе интерес, мотивацию, что приведёт к сильной убыли эффективности и качества образования. Поэтому задачей преподавателя является использование геймификации таким образом, чтобы данный метод принес пользу студентам, придавал им воодушевлённости к изучению иностранного языка и другими способами, тогда процесс обучения станет максимально разносторонним, многоплановым и продуктивным.

Список используемых источников:

1. Варенина Л. П. Геймификация в образовании // Историческая и социальная образовательная мысль. 2014. Т. 6. Ч. 2. С. 314-317.

2. Старчикова И.Ю., Шакурова Е.С. Лингвистический дискурс как возможность реализации языковой подготовки студентов технического вуза // Перспективы науки. — 2020. — № 2 (125). — С. 156-159.

### **Язык, используемый в кабинах гражданских самолётов**

Попов А.В.

Научный руководитель — Дербина С.В.

МГТУ ГА, Москва

Авиация основана на английском языке, так как это язык интернационального общения. Пилотам гражданской авиации необходимо знать этот язык для понимания терминов, документации, авиационных правил.

Обычно, пилоты используют английский для коммуникации между собой. Однако, существует множество примеров, когда они переходят на свой родной язык. Иногда, авиакомпания запрещают подобный переход, заставляя говорить исключительно на английском языке.

Это приводит нас к серьезному вопросу. Могут ли пилоты использовать свой родной язык в кабине самолёта?

Большая часть пилотов гражданской авиации не являются носителями английского языка. Потому, велик шанс, что в экстремальной ситуации у них может не хватить знаний языка для того, чтобы описать ситуацию и выдать четкие указания. Если разрешить использовать родной язык, эта проблема отпадает, и пилоты могут свободно говорить. Так же время на обучение может снизиться, так как им меньше знаний будет необходимо.

Существуют, однако, отрицательные моменты. Так, документация для большинства современных гражданских самолётов написана исключительно на английском, она предусматривает коммуникацию между пилотами во время полета на английском языке. Пилоты не могут переводить те или иные понятия или фразы самовольно. Если полностью запретить пилотам использовать родной язык у них не будет вариантов, кроме как использовать один единственный, необходимый английский язык.

Кроме того, не стоит забывать про самолёты российского или советского производства. Многие процедуры и документация которых написаны на русском языке. При переходе с одного типа самолёта на другой многие фразы и термины перекликаются, самопроизвольно пилоты начинают использовать фразы и процедуры на разных языках, для разных самолётов.

Все эти моменты напрямую влияют на безопасность полетов. Основная идея исследования — изучить потенциальные риски, положительные и отрицательные факторы использования родного языка пилотами.

Список используемых источников:

1. Федеральные авиационные правила «Организация воздушного движения в Российской Федерации» (утв. приказом Минтранса РФ от 25 ноября 2011 г. N 293), с изменениями и дополнениями от: 26 апреля 2012 г., 12 мая 2014 г., 21 июля 2016 г., 14 февраля 2017 г. Приказ Минтранса РФ об утверждении от 25.11.2011 №293.

2. Skybrary. Language. <https://www.skybrary.aero/articles/language>

### **Необходимость знания английского языка для работы над проектом по теме CubeSAT**

Саенко А.К.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день имеется очень скудный набор достоверной литературы на русском языке для работы над таким сложным проектом, как проектирование и производство наноспутников форм-фактора CubeSAT. Из-за того, что сам формат подобных спутников был разработан американскими специалистами из Калифорнийского политехнического и

Стэнфордского университета, то актуальная информация о разработках и применении новых технологий появляется только в английских источниках.

Россия отстала от данного направления, что вызывает сложности у студентов в проектировании подобных аппаратов. Из-за незнания специальных терминов и сленгов им трудно разобраться в классификациях и требованиях к данным аппаратам. Так, например, международные установки и правила эксплуатации аппаратов формата CubeSAT в космическом пространстве от NASA есть только на английском языке.

Термином «CubeSat» обозначаются наноспутники, удовлетворяющие спецификациям стандарта, созданному под руководством профессора Боба Твиггса (факультет аэронавтики и астронавтики, Стэнфорд). Базовый размер стандарта, называемый «1U», составляет 10x10x10 см при весе не более 1,33 кг. Спутники запускаются при помощи различных модулей, например Poly-PicoSatellite Orbital Deployer (P-POD). Стандарт допускает объединение 2 или 3 стандартных кубов в составе одного спутника (обозначаются 2U и 3U и имеют размер 10x10x20 или 10x10x30 см). Один P-POD имеет размеры, достаточные для запуска трёх спутников 10x10x10 см или меньшего количества, общим размером не более 3U.

Для облегчения понимания узкоспециальных текстов необходимо создать особые приложения с функцией быстрого перевода технических текстов.

Предполагается, что данные приложения позволят эффективнее использовать литературу по специальности.

Цели исследования:

1. Изучить причины необходимости на сегодняшний день использования английского языка для работы с материалами по CubeSat.
2. Доказать необходимость создания специальных приложений по переводу технических текстов.
3. Составить базовый словарь узкоспециальных терминов по теме CubeSat для облегчения перевода текстов данной тематики.
4. Обосновать возможность и необходимость в перспективе отказаться от технологий и терминологии на английском языке с полным переходом на свою собственную систему сертификации, лицензий и использование русского языка в публикациях по теме CubeSat.

Для улучшения текущей ситуации есть следующие варианты решения проблем:

1. Учитывая, что первоначально идея CubeSat была предложена американцами, на сегодня нужно хорошо изучить первоосновы технологии CubeSAT: процесс утверждения и сертификации в NASA, наличие определенных требований к разработчикам, т.д.
2. Использовать англоязычные источники научной информации по теме CubeSat, пока не разработаны российские.
2. Для этого активизировать изучение узкоспециальной лексики. В частности, базовый словарь специальности состоит из следующих терминов (CubeSAT, Unit, launch mass, instruments, deploy the energy deposition и т.д.)
4. Необходимо создать особые приложения для перевода терминов, либо дополнительную вкладку на сайте вузов, с переводчиком по сленгу для каждого факультета, и на примере яндекс и гугл систем обеспечить автоматический перевод по фото или при наводке камеры.

Список используемых источников:

1. Chantal Cappelletti, Simone Battistini and Benjamin K. Malphrus, CUBESAT HANDBOOK From Mission Design to Operations, Publisher: Elsevier, 2020, 498 с.
2. Романов Алексей А. Романов Александр А., Основы космических информационных систем, Издательство: ИКИ РАН, 2019, 293 с.
3. CubeSAT [Электронный ресурс] / Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/>. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/CubeSat>, (дата обращения: 21.02.2023)
4. NASA [Электронный ресурс] / NASA: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/home>. URL: [https://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats\\_initiative](https://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative), (дата обращения: 24.02.2023)

## Применение водорода в авиации по материалам зарубежных источников

Седиков Т.О., Комарова Д.М.

Научный руководитель — Дербина С.В.

МГТУ ГА, Москва

Водород — это технология с высоким потенциалом, удельная энергия на единицу массы которой в три раза выше, чем у традиционного реактивного топлива. При получении из возобновляемых источников энергии путем электролиза, она не производит выбросов CO<sub>2</sub>, тем самым позволяя использовать возобновляемую энергию для потенциального питания больших самолетов на большие расстояния, но без нежелательного побочного продукта выбросов CO<sub>2</sub>.

Так, в статье «Возможности использования водорода в коммерческой авиации» говорится, что в последние годы наблюдается заметное ускорение в развитии водородной промышленности. Это было обусловлено сочетанием факторов, включая технологическую зрелость и значительное снижение стоимости возобновляемых источников энергии. Задача авиационной промышленности сейчас состоит в том, чтобы взять этот энергоноситель с нулевым уровнем выбросов и адаптировать его к потребностям коммерческой авиации.

Например, AIRBUS, заявивший на своем официальном сайте, видит два основных способа использования водорода:

- Водородный двигатель: Водород может сжигаться с помощью модифицированных газотурбинных двигателей или преобразовываться в электрическую энергию, которая дополняет газовую турбину, с помощью топливных элементов.

- Синтетическое топливо: Водород может быть использован для создания электронного топлива, которое вырабатывается исключительно за счет возобновляемых источников энергии.

AIRBUS открывает центр разработки с нулевым уровнем выбросов в Испании для разработки первого концептуального самолета ZEROe к 2035 году. Основной задачей является разработка водородных топливных баков. Концерн уже адаптирует и развивает существующие технологии хранения водорода для использования в авиации. Airbus ожидает, что первый полностью функциональный резервуар для криогенного водорода будет готов в 2023 году, а летные испытания начнутся в 2025 году.

Однако конкуренция никогда не стоит на месте. Например, Британский институт аэрокосмических технологий (ATI) заявил в своей статье о концепции будущего самолета, который сможет перевозить пассажиров в любую точку мира без остановок или всего с одной промежуточной посадкой. Главной особенностью концепции Felizardo является использование жидкого водорода в качестве топлива. По словам разработчиков, самолет сможет летать с той же скоростью, что и современные авиалайнеры, но с главной отличительной особенностью — полностью нулевыми выбросами в атмосферу.

Список используемых источников:

1. Bruce S, Temminghoff M, Hayward J, Palfreyman D, Munnings C, Burke N, Creasey S. Opportunities for hydrogen in aviation. Australia: CSIRO, 2020, 94 p.
2. Jayant M., Dan R. Performance analysis of evolutionary hydrogen-powered aircraft. Washington: White paper, 2022, 39 p.
3. Baroutaji A., Wilberforce T., Ramadan M., Ghani Olabi A. Comprehensive investigation on Hydrogen and fuel cell technology in the aviation and aerospace sectors. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 106, 2019, pp. 31-40.

## **Эффективность работы переводчиков: профессионала и электронного (на основе текстов авиационной тематики)**

Слепнева Д.А.

Научный руководитель — Климчук В.А.

МАИ, Москва

Актуальность работы заключается в том, что все чаще профессия переводчика называют «уходящей в прошлое» в связи с распространением практики применения искусственного интеллекта.

Методология нашей работы включает опрос респондентов, анализ результатов, обобщение, сравнение, анализ степени разработанности данной темы в научной литературе.

Цель работы: обосновать значимость профессии переводчика в условиях развития технологий машинного перевода.

Новизна заключается в том, что в данном исследовании впервые проводится сравнительный анализ переводов нескольких электронных ресурсов с переводом профессионала, сопровождающийся привлечением к нему респондентов.

Обзор научных публикаций показывает, что на данную тему активно проводятся исследования. Так, в работах Исламова Р., Фомина А., Ртищевой Н. дана оценка эффективности машинного перевода: электронные системы не обеспечивают достоверный перевод. Статья Кубраковой М. посвящена интегрированию современного подхода обучения в подготовку будущих специалистов узкого профиля. Проблема трудностей авиационного перевода рассматривается в исследовании Русских Е., Сельвесюка Н. [2]. Об усложнении работы профессионального переводчика электронным ресурсом повествует статья Якубы Н. и Бусел Т. [1]. Исследователи считают проблему применения электронных систем в процессе перевода значимой. Однако данная тема применительно к переводу авиационных текстов не рассматривалась.

С развитием современных технологий работа профессиональных переводчиков заметно упростилась, так как у специалистов появилась возможность использовать машинный перевод, обеспечиваемый такими программами как Yandex, Google, SmartCat и другими. Существует мнение о возможности упразднения специальности в будущем, что будет связано с совершенствованием искусственного интеллекта, потенциально способного на совершенный перевод текста.

Исследование, проведенное нами, заключалось в сравнении результатов работы профессионального переводчика с результатами машинного перевода текстов авиационной тематики, выполненного электронными ресурсами Yandex, Google, SmartCat.

В исследовании использовано американское пособие “Engine Maintenance Concepts for Financiers” («Финансовые вопросы технического обслуживания двигателя»), заранее переведенное нами с учетом всех особенностей авиационного перевода. Также был осуществлен перевод онлайн-ресурсами – Google, Yandex, SmartCat — без последующей его корректировки.

Исходный текст:

“Since the OEM is providing a design that has already been approved by the FAA to the PMA applicant, there is no requirement for the FAA to provide design approval.”

Переведённый нами вариант:

«В связи с тем, что оригинальный производитель предоставляет производителю альтернативных запчастей проект, ранее лицензированный Федеральным управлением гражданской авиацией, то необходимость отправлять запрос на лицензирование Федеральным управлением гражданской авиацией отсутствует».

Перевод, выполненный онлайн-ресурсом “Google translate”:

«Поскольку OEM предоставляет заявителю PMA дизайн, который уже был одобрен FAA, FAA не обязано предоставлять одобрение дизайна».

Перевод, выполненный онлайн-ресурсом «Яндекс переводчик», SmartCat:

«Поскольку OEM-производитель предоставляет заявителю PMA проект, который уже был одобрен FAA, от FAA не требуется предоставлять одобрение проекта».

Англоязычные аббревиатуры не были расшифрованы ни одним из интернет-сайтов. Яндекс и SmartCat, в отличие от Google, верно перевели слово «design», которое в контексте обозначает «проект (детали)». Но все машинные переводы данного фрагмента полностью лишены смысла, заложенного в англоязычном варианте оригинала.

Нами же при переводе аббревиатур был использован онлайн-словарь «Multitran@». Например, PMA расшифровывается как «Parts Manufacturer Approval», в русском языке для данного термина используется понятие «лицензированные» или «альтернативные запчасти».

Сравнительный анализ показал, что онлайн-ресурсы часто не учитывают узкой направленности текста, и часто не могут корректно расшифровать расшифровки аббревиатуры, так большое количество терминов переведено искусственным интеллектом неверно. Как результат — полное отсутствие передачи смысла предложения технического текста.

Сформулируем выводы:

Искусственный интеллект является важным инструментом в процессе профессионального перевода, значительно упрощая работу.

Однако в тексте авиационной тематики, полученном в ходе машинного перевода, часто наблюдаются недопустимые в техническом тексте неточности: некорректный перевод терминов, нерасшифрованные аббревиатуры.

На данный момент искусственный интеллект не способен стабильно подбирать корректный перевод специальной лексики.

Результаты работы онлайн-платформ практически идентичны. Основной их недостаток — частая невозможность перевести и расшифровать аббревиатуры с учетом узкой направленности технического текста.

Список используемых источников:

1. Бусел Т. Машинный перевод: проблемы и перспективы // Вестник Минского Гос.Лингв.Университета. Серия 1: Филология. Минск, 2018 — С. 96-103.
2. Русских Е., Сельвесюк Н. Авиационный английский: трудности авиационного перевода // Студенческая научно-практическая конференция ФИЯ МАИ-НИУ. Москва, 2017, Том 11 — С. 129-138.

### **Особенности обучения авиационной терминологической лексике переводчиков в аэрокосмической отрасли**

Тараненко Е.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Актуальность. Одним из важнейших аспектов обучения авиационному языку является обучение терминологической лексике. Именно лексико-семантическая система, насыщенная терминами, профессионализмами и сокращениями, являясь основным дифференцирующим признаком современного авиационного английского языка, представляет трудность для обучаемых.

Целью исследования является разработка и апробация новых эффективных методических средств и приемов, способных значительно повысить качество обучения авиационной терминологии.

Исследование. В настоящее время авиационный английский язык представляет малую лингвистическую подсистему, обладающую универсальными свойствами, характерными как для общепотребительного языка, так и особыми дифференциальными свойствами: системностью, конечностью, полнотой, и используется в качестве средства профессионального общения специалистов. Специфика лексического состава авиационного английского языка определяется терминами, выражающими базовые понятия авиации и охватывающими такие аспекты как: устройство конструкций летательных аппаратов, организация воздушного движения, механика полета, авиационная безопасность, пилотирование летательных аппаратов, эксплуатация воздушного судна, и пр.

Поскольку процесс изучения авиационного языка по своей сути есть изучение терминологии, профессионализмов, аббревиатур и специальных слов, то овладение студентами-переводчиками этой лексикой рассматривается как неотъемлемое условие дальнейшего формирования и развития иноязычной коммуникативной и переводческой компетенций. Следовательно, является аспектом, изучению которого стоит уделять первостепенное значение в процессе обучения специальному языку.

Так, на этапе презентации терминологической лексики, в ходе выполнения лексических упражнений, обучаемые осознают форму, значение и употребление новых слов. Одним из наиболее эффективных способов презентации терминов, раскрытия их значения и иллюстрации употребления в речи является комбинированный способ презентации и первичной тренировки терминологических единиц с использованием терминологического тематического глоссария. Суть данного способа заключается в одновременном сочетании четырех видов семантизации терминов: дефиниции на английском языке, перевода, дефиниции на русском языке и контекста. При этом обучаемые знакомятся не просто с набором слов по теме, а осваивают термины, каждый из которых сопровождается дополнительным материалом, в котором объясняется его значение и дается пример употребления.

Дефиниция как краткое определение специального понятия, является эффективным и экономным средством семантизации термина, которое обеспечивает полное раскрытие содержания определяемого понятия. Дефиниция термина естественным образом выполняет обучающую функцию в процессе овладения терминологией, т.к. полностью раскрывает содержание специального понятия. Перевод также целесообразен, т.к. он точно передает значение слова. Семантизация термина в контексте исключает возможность допущения ошибки в выборе эквивалента и, самое главное, наглядно демонстрирует его семантические связи с другими терминами той или иной предметной области.

Вывод. Формирование лексического навыка оперирования терминологической лексикой осуществляется в процессе выполнения специальных упражнений и заданий. Целенаправленная работа с такой лексикой на предтекстовом этапе направлена на ее семантизацию и на формирование навыка двустороннего перевода, и должна занимать особое место в обучении будущих переводчиков авиационному языку.

Список используемых источников:

1. Зайченко А.А. Подготовка переводчиков: методика содержательного дуализма // Высшее образование в России, 2006. № 4. С. 103-105.
2. Зайченко А.А. О некоторых приемах обучения специальной лексике переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2006. № 1(5). С. 81-84.
3. Зайченко А.А. Методические доминанты интегрированного обучения языку и переводу для специальных целей переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ: Научный журнал. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 1. С. 339-341.

## **Особенности перевода многокомпонентных терминов аэрокосмической тематики**

Ткаченко П.А.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Активная цифровизация и появление электронных словарей не решает возникшего сегодня противоречия между стремительным развитием аэрокосмоса, активным появлением в узкоспециальной лексике десяти-десятикомпонентных терминов и необходимостью точного, предельно краткого их перевода.

Актуальность выбора темы связана с проблемой поиска единственно верного и номинативно точного перевода узкоспециальных многокомпонентных терминов (МКТ) по аэрокосмосу. Сегодня количество шести- и семикомпонентных терминов составляет около

21%, а на долю более громоздких восьми- и девятикомпонентных примеров приходится более 6% терминообразований, что в прежние годы считалось несвойственным для терминополья любой языковой подсистемы.

Гипотеза исследования состоит в предположении о том, что точный перевод МКТ возможен как при условии обучения студентов лингвистов теории и практике переводоведения, так и в познании предмета перевода — аэрокосмической лексики.

Принимая волевод за такими учеными как А.А. Реформатский, Д.С. Лотте, Г.О. Винокур, А.В. Суперанская, С.В. Гринев-Гриневищ, Л.Л. Нелюбин понятие «термин» как специальной лексической единицы (ЛЕ), принятой для точного выражения специального понятия, автор исследования ставит задачи исследования:

1. Анализ структуры МКТ в современных аэрокосмических текстах.
2. Обобщение принципов перевода МКТ.
3. Изучение целесообразности овладения студентами лингвистами знаниями по аэрокосмосу.

Для понимания структурных особенностей МКТ аэрокосмической области методом случайной выборки были проанализированы аутентичные тексты и выделены следующие закономерности:

1. Наличие достаточно большого количества МКТ (31%).
2. Препозиция корневого слова в русском языке в отличие от постпозиции в английском: *infrared search and track system* (инфракрасная система визирования и слежения).
3. Наличие равнозначных единиц в МКТ на английском языке, требующих точного перевода как каждого отдельного компонента, так и МКТ в целом: *barrier-enhanced carbon fiber reinforced-thermoplastic* (углепластик с усиленными функциями защиты).

На базе проведенного анализа обобщены принципы перевода МКТ:

1) лексическое сокращение; 2) сокращение средствами аббревиации разного типа; 3) морфологический способ сокращения.

Подобраны типичные примеры:

- 1) *sensor data* — данные, переданные с датчика;
- 2) *boundary layer configuration* — форма пограничного слоя (основа — двухкомпонентный термин *boundary layer*);
- 3) *active electronically scanned array* — АФАР, активная фазированная решетка, (основа — двухкомпонентный термин *scanned array*);
- 4) *spacescraft payload fairing fluid dynamic pressure and aerodynamic heating impact* — динамическое давление упругой среды на головной обтекатель космического аппарата (КА) и воздействие аэродинамического нагрева.

В процессе исследования выделены следующие проблемы в переводе МКТ:

- 1) Сложность перевода по причине разной типологической структуры языков.
- 2) Трудность передачи значения неядерных элементов, подбор коротких ЛЕ: *attitude and heading reference system* имеет эквивалент «курсовертикаль».
- 3) Точный выбор ЛЕ из-за разного объема значений близких по смыслу понятий.

Основное требование, предъявляемое к термину, — это его однозначность, следовательно, точность перевода МКТ, которую можно достичь, зная особенности аэрокосмических реалий, что достигается посещением аэрокосмических музеев, выставок, конференций, изучением материалов по аэрокосмосу.

По результатам проведенного исследования предложенная гипотеза верна.

Сделаны следующие выводы:

1. Современные технологии производства и цифровизация аэрокосмической отрасли ведут к активному появлению новых МКТ, что требует от студентов лингвистов особых навыков перевода узкоспециальных терминов на базе прочного усвоения традиций российской школы переводоведения.

2. С точки зрения структурных особенностей МКТ аэрокосмической тематики выявлено, что односложные термины не всегда позволяют точно передать значение ЛЕ, а трех-четырёхкомпонентные термины не удается перевести, сохраняя оригинальный порядок

элементов. Также наблюдаются увеличение информационно насыщенных терминов, перегруженность конструкции термина, роста количества восьми-девятикомпонентных терминов.

3. В аспекте точности перевода МКТ аэрокосмического профиля актуальны лексическое сокращение, сокращение средствами аббревиации разного типа, морфологический способ сокращения. Показано, что будущий переводчик должен овладеть навыками грамматической и лексической трансформации, применять описательный и лексический перевод, калькирование, инверсию, грамотно изменять порядок слов в МКТ для наиболее четкой передачи структурно-семантических свойств терминов.

4. Студентам лингвистам важно изучать ракетно-космическую и авиационную лексику для обеспечения точного перевода МКТ.

Список используемых источников:

1. Анисеева И.Г., Овсянникова М.Н. Подготовка специалистов авиационного профиля к иноязычной профессиональной коммуникативной деятельности. URL: <https://cyberleninka.ru/podgotovka-spetsialistov-aviatsionnogo-profila-k-inoazychnoy-deyatelnosti> (Дата обращения 21.01.2023)

2. Шишкина Е.А. Грамматика профессионально ориентированного текста. Учебное пособие. Воронеж, 2018.-72 с.

3. Шпальченко Э.П. Условия обеспечения краткости многокомпонентных терминов современной авиационной терминосистемы. URL: <https://research-journal/usloviya-kratkosti-mnogokomponentnyx-terminov-aviacionnoj-terminosistemy> (Дата обращения 13.02.2023)

4. Potaluy V.V. On the aspects of translating prepositional attributive phrases in texts on aviation. DOI:<https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.107.5.099>

## **Особенности авиационно-экологической терминосистемы в современном английском языке и способы её перевода на русский язык**

Чибицов С.О.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рябкова Г.В.

МАИ, Vjcrdf

Практически каждая сфера нашей жизни так или иначе связана с авиацией, что делает эту область одной из главных приоритетов для стран по всему миру. За последние десятилетия укрепилась связь авиационной сферы с экологией, что в свою очередь образовало новую терминосистему, обладающую собственной спецификой и сложностями при переводе. Актуальность исследования обусловлена важностью авиационной сферы для нашей жизни, что создает необходимость в грамотном и адекватном переводе терминосистемы авиации. Технические термины обладают особой спецификой, и для их правильного перевода необходимо обладать не только хорошими переводческими навыками, но и иметь четкое понимание современных технологий и процессов, связанных с этой областью [1]. Правильно донести информацию, заложенную в исходном тексте — главная задача при переводе технических текстов, ведь ошибки при переводе таких текстов, в особенности в сфере авиации, могут стоить как огромных убытков, так и здоровья людей.

Методология: описательный метод, теоретический анализ, систематизация, классификация, интерпретация, синтез.

Целью работы является изучение и анализ авиационно-экологической терминосистемы, выявление ее особенностей, способов ее перевода и трудностей, которые могут возникнуть в процессе.

Новизна заключается в том, что в данном исследовании впервые изучается формирование структуры терминологического поля «экология/ecology», а также рассматриваются различные переводческие приемы, на примере которых были разобраны отрывки из текстов авиационно-экологической тематики.

Обзор научных публикаций показывает, что на данную тему активно проводятся исследования. Так, книга Лейчик В.М. [3] посвящена вопросам терминосистемы. Также, в

работах А.А. Реформатского, С.В. Гринев-Гриневица дана оценка терминологическому полю «экология/ecology». Однако данная тема применительно к переводу авиационно-экологических текстов не рассматривалась.

Перевод любого научно-технического текста должен точно передавать текст оригинала и соответствовать нормам русского языка. Тексты подобной тематики обладают своими уникальными особенностями и трудностями, которые могут возникнуть при переводе. Проблемы могут возникнуть из-за использования сложных терминов многокомпонентных определительных конструкций, а также сокращений и аббревиатур.

В работе приводится характеристика понятия «терминсистема», а также основные черты авиационно-экологической терминсистемы, среди которых аббревиатуры, сокращения и термины-словосочетания. Среди наиболее удобных способов перевода такой терминсистемы можно выделить буквальный и функциональный перевод. Каждый из них включает в себя набор переводческих приемов, позволяющих наиболее эффективно передать информацию, заложенную в оригинальном тексте. Кроме того, процесс перевода могут облегчить лексические трансформации, такие как генерализация, конкретизация и антонимичный перевод.

Таким образом, можно сделать вывод, что несмотря на сложность и объемность авиационно-экологической терминсистемы, большинство проблем, возникающих при ее переводе, вполне возможно решить при помощи определенных переводческих способов и приемов.

Список используемых источников:

1. Татаринов В.А. История отечественного терминоведения // М.: Московский Лицей, 1995. 334 с;

2. Виноградов В. С. Введение в переводоведение (общие и лексические вопросы) // М.: Издательство института общего и среднего образования, 1985. — 223 с.;

3. Лейчик В.М. Терминоведение: Предмет, методы, структура. Изд. 4-е. // М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 256;

## **Эпонимы в авиационном английском. Причина их обширного применения**

Шилов А.О.

Научный руководитель — Дербина С.В.

ИФ МГТУ ГА, Иркутск

Эпоним — это слово — имя собственное, образовавшееся от имени человека, названия места или вещи. Всего в мире насчитывается 317 регулярных коммерческих аэропортов из 4037 и 1666 летательных аппаратов, носящих эпонимические названия.

Эпонимические названия представляют собой огромный пласт в авиационной терминологической лексике и номенклатуре, в которую входят как собственно авиационные термины и названия, так и используемые, вторичные по отношению к смежным дисциплинам. Например, "Число Маха, МиГ-11 или И-220 ("Иосиф Сталин")

Терминологическое поле «Авиация» представляет собой сложную структуру, включавшую в себя три микрополя: «Авиационные науки», «Авиационная промышленность и техника», «Организация и состав авиации».

Образование эпонима различают по двум группам: в первую группу входят собственно авиационные термины и термины, заимствованные из других наук. К первой группе относятся названия, возникшие в связи с развитием самой авиации, как области знаний. В качестве примера, можно привести фигуру высшего пилотажа — «Кубинская восьмерка» и самолетные конструкции, приборы и их части (доплеровские измерители путевой скорости и угла сноса, закрылки Коанда). А вторую группу составляют единицы смежных областей науки, которые не возникли в связи с развитием авиации, но активно в ней используются.

Создание и использование специальных одноименных единиц становится допустимым и применимым к повседневному использованию при определенных условиях: 1) понятие, которому присваивается «фамильный» термин, должно быть связано с процессом или предметом техники, имеющим крупное значение для науки и данной технической области,

свидетельствующий об определенном этапе в развитии этой области 2) «фамильный» признак должен быть связан либо с тем лицом, которое напрямую совершило данное открытие, либо с лицом, которое своей деятельностью (научной, общественной или политической) способствовало этому открытию. 3) Такой термин следует использовать как можно чаще для обозначения понятий, в которых он встречается.

Проанализирован словарный состав авиационного английского языка, в частности, языка руководств по эксплуатации ЛА зарубежного производства, на предмет наличия эпонимов в них, было выявлено, что эпонимический компонент является обязательной частью определения рассматриваемых единиц, так как указывает на культурно-историческую и научную составляющую семантики специальной единицы.

## **Особенности перевода терминов при работе в программных комплексах моделирования инженерных задач**

Шумаков К.А., Шевко А.В.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Статья посвящена изучению трудностей перевода узкоспециальной авиационной англоязычной лексики студентами при их работе в программных комплексах моделирования задач аэродинамики.

Актуальность. Современному специалисту необходимо овладеть узкопрофильной лексикой для получения необходимых знаний по предмету. Обязательной составляющей профессиональной компетенции конкурентоспособного инженера является умение работать с узкоспециальной иноязычной научной литературой, грамотное владение терминологией по специальности, навык работы в современных компьютерных программах.

На сегодняшний день огромное количество вычислительных платформ моделирования инженерных задач (задачи по аэро-, гидро-, газодинамике, турбулентному перемешиванию, прочности и т.д.) имеют иностранный интерфейс. Поэтому для работы в таких программах необходимо хорошее знание технического иностранного языка.

Гипотеза. Предполагается, что разработанный авторами дидактический материал поможет студентам авиационных специальностей при работе в программных комплексах моделирования задач аэродинамики.

Авторы изучили труды таких ученых как Л.С. Бархударов, Д.С. Лотте, И.В. Арнольд, Г.А. Колесникова, Susan Bassnett.

В ходе исследования выявлено, что при работе с технической английской научной литературой студенты сталкиваются со следующими сложностями перевода:

1. Большое количество авиационных аббревиатур. Например, AWY — Airway, CAD — civil aviation department, EDP — electronic data processing, LP — low pressure.

2. Сложная структура термина. Например, многокомпонентные словосочетания, такие как high bypass ratio engine — двигатель с высокой степенью двухконтурности, probe-and-drogue in-flight refueling system — дозаправка в воздухе с системой шланг-конус, minimization of aerodynamic drag — предельное уменьшение аэродинамического сопротивления, undisturbed state of air flow — невозмущенное состояние воздушного потока.

3. Заимствования из французского и латинского языка. Например, torque — крутящий момент (латинский).

4. Полисемия. Неверный перевод термина может возникнуть из-за разного значения одного и того же слова. Например: вихрь — vortex, swirl, eddy, curl; профиль крыла — airfoil profile, wing section, wing contour, wing shape; возмущение — disturbance, perturbation, indignation, resentment, rebellion, storm; угол — angle, corner, nook.

С похожими проблемами студенты сталкиваются при работе в расчетных программах не отечественного производства.

Авторами предлагаются следующие решения проблем:

1) Развитие у студентов навыков работы со словарем и оптимизация практики поиска необходимой информации. (Например, использование таких электронных словарей как Merriam-Webster Dictionary <https://www.merriam-webster.com/>, Cambridge Dictionary <https://dictionary.cambridge.org/ru/>, Oxford Learner's Dictionaries <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/>.)

2) Разработка современных учебных пособий по переводу авиационной лексики.

3) Анализ наиболее частотных терминов и включение их в словари специальности. Например, носовой обтекатель — nose cone, воздухозаборник — air intake, рули управления — rudders, реактивная струя — jet stream, тормозящая сила — braking force.

4) Изучение современной научной англоязычной литературы для увеличения речевой практики. В частности, использование электронных научных библиотек, таких как Begell Digital Library (Электронный ресурс — <https://www.dl.begellhouse.com/>), World Scientific Publishing (Электронный ресурс — <https://www.worldscientific.com/>).

5) Внедрение в учебный процесс ситуативно-ролевой деятельности.

В ходе работы над исследованием автор составил дидактический материал для облегчения обучения переводу узкоспециальной терминологии. Разработанный автором учебный материал включает в себя словарь специальности по теме «Аэродинамика», в частности ударная волна — shock wave, подвижные аэродинамические поверхности — movable aerodynamic surfaces, местное гидродинамическое сопротивление — local hydrodynamic resistance, отклоняющие устройства — deflecting devices, крейсерский режим полёта — cruising flight mode, а также список наиболее часто употребляемых в программных комплексах сокращений, подбор актуальных научных англоязычных статей и составление списка технической литературы по специальности.

Выводы

По результатам исследования предложенная гипотеза верна.

Сделаны следующие выводы:

1. Анализ причин возникновения трудностей у студентов при переводе англоязычной литературы по теме «Аэродинамика» выявил большое количество аббревиатур, заимствований, полисемии терминов, заимствований.

2. Для предотвращения искажения смысла при переводе узкоспециальной лексики необходимо использовать словари специальности.

3. Важно внедрять в учебный процесс методику анализа современных аутентичных статей и научной литературы для пополнения словарного запаса.

Список используемых источников:

1. Климзо Б.Н. Ремесло технического переводчика: об английском языке, переводе и переводчиках научно-технической литературы / Р.Валент, 2017. 487 с. (Дата обращения: 29.01.2023)

2. Соловьева А.Е. Аббревиация в английском военно-авиационном дискурсе // Известия Волгоградского государственного педагогического университета (2021), С. 158-163. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/abbreviatsiya-v-angliyskom-voenno-aviationsionnom-diskurse/viewer> (Дата обращения: 11.02.2023)

3. Суперанская А.В., Подольская Н.В., Васильева Н.В. Общая терминология: вопросы теории // ЛИБРОКОМ, 2012. — 248 с. (Дата обращения: 20.02.2023)

4. Cambridge Dictionary [Электронный ресурс]. Cambridge University Press 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://dictionary.cambridge.org/ru/> (Дата обращения: 13.02.2023)

## **Составление словаря-гlossария по материалам руководств по эксплуатации летательных аппаратов зарубежного и отечественного производства на примере «Средств механизации крыла»**

Яковлева В.Ю.

Научный руководитель — Дербина С.В.

МГТУ ГА, Москва

На сегодняшний день распространены самолеты Airbus и Boeing. Работники авиационной отрасли должны быть знакомы с терминологией этих зарубежных компаний, которая представлена на английском языке. Авиационным инженерам необходимо обладать знаниями терминов технической составляющей самолета в особенности, так как им необходимо читать инструкции по обслуживанию и эксплуатации летательных аппаратов. Таким образом, целью моего доклада является составления словаря-гlossария на примере средств механизации крыла самолета.

В ходе написания доклада были:

-изучены типы закрылков, предкрылков, элеронов и спойлеров, а также их принцип действия;

• Изучены конструкции крыла отечественных самолетов типа Ту-134-А, Ту-154В, Ту-154-М, Як-40, Ан-2, Ан-22, Су-27 и сопоставлены с конструкциями крыла зарубежных самолетов типа А310, А320, В737, В777;

-проработаны более 20 терминов по теме «Средства механизации крыла» на английском и русском языках;

-выявлены различия и сходства терминологии компаний Airbus и Boeing.

Словарь-гlossарий имеет практическое применение для студентов, которые изучают английскую терминологию раздела «Средства механизации крыла». Группе студентов механического факультета МГТУ ГА (Московского Государственного Технического Университета Гражданской Авиации) в составе 25 человек был предложен тест по данной теме. 92% (23 студента) продемонстрировали стабильный словарный запас и стали лучше ориентироваться в терминологии зарубежных компаний при изучении инструкции по обслуживанию и эксплуатации самолетов.

Список используемых источников:

1. Григоров В. Б. Английский язык для студентов авиационных вузов и техникумов. 2002.

2. Boeing technical dictionary

3. Airbus technical dictionary

## **Секция №9.6 Связи с общественностью и реклама в аэрокосмической отрасли**

---

### **Программы лояльности как инструмент привлечения новых клиентов российскими авиакомпаниями**

Аверина А.Д., Луданова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность работы состоит в том, что, в настоящее время, из-за ограничений и нестабильной ситуации на мировой арене, российским авиакомпаниям приходится дополнять и расширять бонусные программы не только для повышения уровня лояльности, но и для активного развития авиасообщений внутри страны, выхода из сложившейся кризисной ситуации, а также удержания своих клиентов.

Цель работы — проанализировать и сравнить программы лояльности трех российских авиакомпаний: Аэрофлот, S7 и Nordwind.

Обзор. Исследование данной темой занимались Ромат Е.В. и Сендеров Д.В. [3], Журавлева О.С. и Лембрикова М.М. [1], Кривцова Е.В. и Креков Д.Д. [2]. Также авторами была использована информация, размещенная на официальных сайтах авиакомпаний [4,5,6].

Новизна. На сегодняшний день существуют исследования, посвященные изучению программ лояльности авиакомпаний. Однако нет ни одной работы, посвященной изучению данной темы как инструмента привлечения новых клиентов.

Исследование. Авторами был проведен мониторинг материалов, размещенных на официальных сайтах авиакомпаний.

Было установлено, что у Аэрофлота помимо основной программы лояльности «Аэрофлот Бонус», которая существует с 1999 года, действуют еще различные тарифы, акции и субсидии, направленные на развитие внутреннего туризма. В силу сложившейся ситуации в мире Аэрофлот расширяет программу прямых рейсов. Авиакомпания развивает социальные программы перевозки, а также реализует собственную программу «плоских тарифов» на рейсах в города Дальнего Востока и Калининграда. Помимо всего вышперечисленного у Аэрофлота действует программа субсидирования для внутренних рейсов по определенным направлениям. Данная программа способствует развитию внутреннего туризма в России, решая важные социально-экономические задачи государства.

Авиакомпания Nordwind Airlines входит в топ самых крупных авиакомпаний России, а ее сеть рейсов по стране считается одной из самых развитых. Основной программой лояльности Nordwind с марта 2020 года считается Nordwind Club. В связи с повышением спроса на внутренний туризм, авиакомпания расширила маршрутную программу. Так, летом 2022 года появились прямые рейсы в Северную Осетию, Республику Ингушетию и Чечню, а также в популярные туристические места Северного Кавказа. Открылись новые направления в такие города, как Новокузнецк, Иркутск, Бишкек и Грозный. Авиакомпания продолжает делать скидки на билеты в рамках акций, касающихся перелетов внутри страны.

S7 Airlines является крупнейшей частной авиакомпанией России, которая популярна среди пассажиров за ее индивидуальный подход и множество разнообразных проектов для путешественников. Компания также сосредоточилась на формировании региональных маршрутов в облет столицы. Летом S7 Airlines ввела льготные категории билетов для перелетов в 2022–2023 годах. Открылось около 32 новых маршрутов с 46 направлениями: Дальний Восток, Урал, прямые рейсы в Хабаровск, Благовещенск, Якутск, Уфу, Южно-Сахалинск, Екатеринбург, появились новые направления из Новосибирска. Льготные билеты по тарифам Эконом доступны для семей с детьми, студентов и школьников, пенсионеров, жителей Дальнего Востока, а также людей с ограниченными возможностями.

Выводы:

1. Сложившаяся в мире ситуация способствовала появлению новых направлений в программах лояльности российских авиакомпаний, направленных на развитие перелетов внутри страны.
2. Все три авиакомпании используют данные программы как инструмент привлечения новых клиентов на российском рынке авиаперевозок.
3. Информацию о программах лояльности, скидках и акциях авиакомпании стараются выкладывать на своих официальных сайтах.
4. Авиакомпании стараются привлекать к себе клиентов разных возрастов и социального статуса, начиная от семей с детьми и заканчивая людьми с ограниченными возможностями.

Рекомендации:

1. Авиакомпаниям нужно размещать информацию о программах лояльности не только на официальных сайтах, но и в социальных сетях, в корпоративных изданиях, в буклетах и листовках.
2. Совместно с туристическими агентствами и госструктурами необходимо разработать механизмы для повышения осведомленности населения России о возможностях внутреннего туризма, о различных тарифах и программах лояльности, предоставляемых авиакомпаниями.

Список используемых источников:

1. Журавлева О.С., Лембрикова М.М. Особенности формирования программ лояльности потребителей. Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Экон. науки. — 2013. — № 1-1.: [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-programm-loyalnosti-potrebiteley-na-primere-otrasli-mezhdunarodnyh-aviaperevozok/viewer>. Дата обращения: 10.02.23.
2. Кривцова Е.В., Крёков Д.Д. Использование PR-технологий в формировании имиджа авиакомпании // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2017. — № 5 (май): [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-pr-tehnologiy-v-formirovani-imidzha-aviakompanii/viewer>. Дата обращения: 05.02.23.

## **Цифровые технологии в рекламе услуг авиакомпании S7 Airlines**

Бабаева В.В.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы заключается в том, что в современном мире кардинально меняются способы и пути взаимодействия компании с потребителем. На смену традиционным методам передач информации пришли совершенно новые. Благодаря использованию цифровых технологий бизнес-организациям стало проще получить доступ к своей целевой аудитории, в особенности через рекламу.

Обзор. В процессе написания работы были изучены научные публикации таких авторов, как Чеботарев А. «Цифровые технологии настоящего и будущего», Половникова О.В. «Влияние цифровизации на современную рекламу»

Научная новизна работы заключается в результатах проведенного исследования по использованию цифровых технологий в рекламе авиакомпании S7 Airlines, и разработанных на их основе рекомендациях.

Исследование

Интернет — пользователей в мире насчитывается около 5 миллиардов. Что касается социальных сетей, то они поддерживают около 3,8 миллиардов связей среди пользователей. Исходя из данных, цифровые технологии в рекламе стали очень важны для компаний из различных отраслей для достижения своих целей по созданию долгосрочных благоприятных отношений с целевыми аудиториями и по предоставлению своих товаров и услуг на рынок.

Современные компании, в том числе и авиакомпания S7 Airlines, применяют такие цифровые технологии в рекламе, как например, рекламные объявления и сообщения,

которые доставляются с помощью электронной почты, веб-сайта, социальных сетей, онлайн-рекламы в поисковые системы, электронных баннерах, цифровых промоакций и так далее.

Одним из направлений модернизации рекламных кампаний за счет применения цифровых технологий являются технологии виртуальной реальности (VR) и дополнительной реальности (AR).

Авиакомпания S7 Airlines в 2015 год выпустила ролик, который был создан в рамках имиджевой кампании авиаперевозчика #ХОЧУТУДАГДЕ. Данная работа была выполнена совместно с Wieden+Kennedy Amsterdam и получила серебряного льва в главной категории фестиваля Cannes Lions.

Помимо этого, совместно с W+K Amsterdam S7 Airlines придумала технологию Imagination Machine, в рамках которой каждый участник мог отправиться в место своей мечты — одной лишь силой мысли. Технология представляет собой инсталляцию с моделью самолета и двухметровым глобусом, 3D-изображение земной поверхности. Для осуществления рекламной акции использовалась электроэнцефалография, которая считывала мозговые импульсы — они и контролировали полет. Если у участников получалось концентрироваться и мечтать о городе все время полета, и их виртуальный самолет добирался до места назначения, участники получали реальные билеты — в Нью-Йорк, Рио, Лиму или Петропавловск-Камчатский.

Выводы:

1. Использование цифровых технологий в рекламе открывает множество возможностей перед авиационными компаниями, в том числе сохранение постоянных клиентов и развития с ними долгосрочных отношений с клиентами и партнерами, рост позитивного образа как современной авиакомпании, создавая доверие к своим услугам.

2. Авиакомпания S7 Airlines для того, чтобы занимать лидирующие позиции на рынке, активно занимается работой над поддержанием своего имиджа, используя современные рекламные и PR- технологии. Компания использует цифровые технологии для достижения своих целей рекламирования и позиционирования.

3. Исходя из результатов исследования было выявлено, что использование авиакомпанией S7 VR технологий в рамках имиджевой рекламной кампании #ХОЧУТУДАГДЕ позволило увеличить процент узнаваемости авиаперевозчика.

Рекомендации.

В рамках проведенного исследования для авиакомпании S7 Airlines можно выделить следующие предложения. Для достижения более массового привлечения аудитории к рекламной кампании следует заранее анонсировать проведение рекламных акций, а также увеличить распространение рекламы. Также авиакомпании следует более подробно рассказывать о проведенных рекламных кампаниях на своих официальных страницах в сети Интернет, чтобы аудитория могла самостоятельно изучить информацию.

Список используемых источников:

1. Годин В. В. Цифровая реклама как инструмент продвижения товара или услуги. Опыт реализации проектов / В.

2. Чеботарев, А. Цифровые технологии настоящего и будущего / А. Чеботарев // Авиапанорама. — 2018.

3. <https://marketing.by/novosti-rynka/vyshe-tolko-nebo-10-primerov-kreativnoy-reklamy-aviakompaniy/>

4. Половникова, О. В. Влияние цифровизации на современную рекламу / О. В. Половникова. — Текст : непосредственный // Инновационная экономика и общество. — 2022. — №4(38). — С. 79-85

## **Событийные PR-технологии для продвижения деловой репутации международного аэропорта Шереметьево**

Бедердинова Н.Н.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваха Х.Н.

МАИ, Москва

Специальное мероприятие — это спланированное мероприятие, инициированное базисным субъектом PR и направленное на достижение реалистичных коммуникативных целей данного субъекта, способствующее приращению его публичного капитала.

Деятельность в сфере Public Relations является весьма обширной, однако одно из главных и целеполагающих направлений — создание конкретной эмоциональной связи между брендом и потребителем, а также повышение уровня лояльности к организации. Достичь этого можно различными PR-технологиями, среди которых одно из важных мест занимают событийные PR-технологии.

Специальные мероприятия стали неотъемлемым способом коммуникации для многих организаций. Первостепенно — для компаний, работающих в сфере услуг. Предприятия аэрокосмической отрасли, в частности аэропорты, не являются исключением.

Актуальность данной работы заключается в важности применения событийных PR-технологий для формирования положительной деловой репутации организации. В результате специальных мероприятий организация может усилить эффект благоприятного восприятия и эмоционального влияния на целевые аудитории.

Цель работы — проанализировать информационное пространство международного аэропорта Шереметьево, оценить эффективность реализованных специальных PR-мероприятий, их влияние на деловую репутацию аэропорта.

Исследуемой теме были посвящены научные труды и публикации различных авторов. Среди наиболее известных работ о специальных мероприятиях стоит выделить труды исследователей и статьи таких авторов, как Кушваха Х.Н., Тараненко А.В., Эдвард Л. Бернейз, Кривоносов А.Д., Филатова О.Г., Шишкина М.А. и др.

Научная новизна исследования обуславливается тем, что в научных трудах и публикациях практиков недостаточно внимания уделено специальным PR-мероприятиям, направленным на формирование положительной деловой репутации Международного аэропорта Шереметьево.

Специальные мероприятия всегда планируются заранее и проводятся с целью создания определенной эмоциональной связи между брендом и потребителем, а также для повышения уровня лояльности клиентов к бренду.

Событийные PR-технологии, которые проводятся в Международном аэропорте Шереметьево, включают в себя различного рода презентационные мероприятия, выставки, конкурсы, праздники и конференции федерального характера. Такие мероприятия направлены на привлечение внимания СМИ и широкой общественности, призваны продемонстрировать масштаб деятельности и уровень развития организации в целом.

С января по март на территории аэропорта прошло несколько событийных мероприятий, среди которых совместные с театром им. А.С.Пушкина концерт мастеров искусств (13.01.23), арт-выставка «Театр не изменит мир, но он изменит тебя» (16.01.23). В начале февраля объявлен конкурс инноваций для пассажиров «SVOя идея». Участники могут выдвигать инновационные идеи по различным сферам деятельности аэропорта, например, повышение уровня качества обслуживания пассажиров; досуг пассажиров и др. В связи со 100-летием гражданской авиации аэропорт анонсировал серию мероприятий, участие в которых примут пассажиры, сотрудники, ветераны труда, средства массовой информации и другие целевые аудитории.

Исследование. Для выявления эффективности продвижения деловой репутации и лояльности со стороны широкой общественности в результате проведения специальных мероприятий на территории аэропорта автором было проведено социологическое исследование в виде анкетирования с помощью глобальной сети Интернет. В анкету вошли вопросы о деятельности организации в целом, осведомленности общественности о

событийных мероприятиях, проводимых аэропортом Шереметьево, об отношении к этим мероприятиям, об оценке их участниками событий. Ключевым был вопрос оценки деловой репутации аэропорта анкетлируемыми. В анкетировании приняли участие 100 человек от 18 до 55 лет. Результаты исследования показали, что целевые аудитории склонны к положительному восприятию организации за счет деятельности PR-служб аэропорта.

Среди опрошиваемых аудитория от 18 до 25 лет составляет 20%, от 35 до 55 лет составляет 10%, преобладает аудитория в возрастном диапазоне от 25 до 35 лет (70% от всего числа респондентов), где 65% — женщины и 35% — мужчины.

По данным анкетирования из общего числа опрошиваемых 80% смогли вспомнить мероприятия, которые были проведены на территории аэропорта и посвящены конкретным событиям (Новый Год, 100-летие Гражданской авиации и тд), 68% из них положительно восприняли данные мероприятия, 12% проявили нейтралитет.

Респонденты, которые за последнее время не пребывали на территории аэропорта и не следили за событиями организации, составляют 20%.

Таким образом, на примере Международного аэропорта Шереметьево, имеющего множество наград и премий за уровень качества обслуживания (ACI Airport Service Quality Awards 2021) и сохранения репутации аэропорта мирового класса (PACO 2022), можно утверждать о влиянии специальных PR-мероприятий на сохранение и развитие деловой репутации международного аэропорта «Шереметьево».

Список используемых источников:

1. Кривоносов А.Д., Филатова О.Г., Шишкина М.А. Основы теории связей с общественностью. — СПб: Питер, 2013. — 384 с.
2. Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. Специальные мероприятия как инструмент эффективной коммуникации с аудиториями аэропортов // Коммуникология. 2018.
3. Официальный сайт Международного аэропорта Шереметьево: <https://www.svo.aero/ru/about/awards/diplomas>

## **Особенности деятельности пресс-служб авиакомпаний в digital-среде**

Беляева О.В.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Актуальность работы связана растущей цифровизацией всех процессов, связанных с ведением бизнеса и коммуникации. Вместе с изменениями в конъюнктуре рынка и последующими изменениями в общественной жизни, приходит необходимость принятия решений для адаптации компании к новым реалиям. Связи с общественностью и их структурные подразделения являются основным активом современной компании по ее адаптации к новым условиям ведения коммуникационных процессов. В свою очередь, частые изменения, происходящие в интернет-пространстве, ставят перед специалистами по связям с общественностью новые цели и задачи. Ключ к их выполнению находится в digital-среде.

Научная новизна заключена в результатах анализа деятельности современных пресс-служб авиакомпаний в сети Интернет, и разработки наиболее актуальной стратегии работы пресс-службы авиакомпании.

Обзор темы представлен в научных статьях и учебных пособиях, издаваемых в последнее десятилетие. Для изучения специфики работы пресс-службы и медиапространства были изучены труды Ф. И. Шаркова и С. Г. Носовец, Потаповым Ю. А.

Развитие социальных сетей, мессенджеров и разнообразных интернет-сервисов, и информационных услуг, их закрепление в ежедневной рутине современного интернет-пользователя расширило представление о формах и деятельности СМИ. Преимущества медиапространства: снятие временных и пространственных ограничений, интерактивность и мультимедийность, относительно низкие расходы на ведение информационной деятельности, стали причиной сокращения расходов на классические средства массовой информации.

Авиакомпания «Победа» ведет активную коммуникационную деятельность в сети Интернет. «Победа» присутствует на всех крупных в России интернет-платформах, среди них: ВКонтакте, Telegram, TikTok, а также поддерживает работу своего сайта «pobeda.aero».

Исследование. В рамках исследования особенности деятельности пресс-службы авиакомпании в digital-среде были проанализированы социальные сети лоукостера «Победа», сайт компании и новостные публикации на портале информационного агентства «ТАСС» за период ноябрь-февраль 2022-2023 года. Основным методом исследования был выбран семантический контент-анализ, оценка производилась по количеству встречающихся рубрик, их текстовой особенности и полноте освещения информационного повода.

Согласно полученным результатам, компания регулярно публикует пресс-релизы, тематические статьи, как часть развлекательного контента (80%) для поддержания своего присутствия в информационном потоке целевой аудитории, поздравления, приглашения и обзоры, а также новостные сообщения об изменениях в расписании и направлении рейсов лоукостера (20%).

Однако проведенный контент-анализ позволил выявить следующий недостаток. Компания редко уделяет внимание проведению пресс-конференций и выступлениям руководящих лиц компании. Подведение итогов года или встреч с государственными органами власти ограничивается короткими сообщениями в СМИ и еще реже встречаются в социальных сетях.

Выводы:

1. Авиаперевозчик «Победа» поддерживает имидж современной и надежной и ответственной компании, об этом свидетельствует её активно развивающаяся стратегия по информационному освещению деятельности компании.

2. Для поддержания своего имиджа, в рамках коммуникационной политики, авиакомпания активно осваивает и использует возможности интернет-пространства и необходимые инструменты цифровизации коммуникации.

3. Активнее всего компания развивает свою страницу в социальной сети «ВКонтакте» и «Telegram». «Победа» регулярно обновляет свои профили пресс-релизами и тематическими публикациями. В этом состоит основная деятельность отдела пресс-службы лоукостера, видимая в сети Интернет.

4. В рамках проведения исследования, заключавшегося в семантическом контент анализе, был выявлен ряд недостатков в деятельности пресс-службы компании и предложен ряд рекомендаций.

Рекомендации. Для улучшения стратегии пресс-службы был разработан список следующих предложений: расширение спектра действий пресс-службы авиакомпании до подготовки и проведения онлайн пресс-центров и заявлений руководителей или уполномоченных должностных лиц о встречах между руководством компании и государственными органами, или представителями других компаний, связанных с рынком авиаперевозок. Интеграция онлайн технологий в проведение оффлайн мероприятий, например, освоение интернет-площадок для ведения массового вещания с возможностью подключения спикеров дистанционно, что позволит расширить зону охвата информационного освещения мероприятий и инфоповодов. А также проведение пресс-конференций по итогам года или предстоящим обновлениям в компании. Организацию информационного освещения в социальных сетях и мессенджерах относительно планирующихся пресс-конференций. Использование омниканальности для достижения синергетического эффекта.

Список используемых источников:

1. Потапов Ю. А. Современная пресс-служба [Текст]: учебник для вузов / Ю. А. Потапов, О. В. Тепляков. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2020. — 294 с.
2. Носовец С. Г. Новые медиа: к определению понятия // Коммуникативные исследования. 2016. № 4 (10). С. 39–47.

3. Шарков Ф. И. Теория и практика массовой информации как фундаментальное направление коммуникологии [Текст] / Ф. И. Шарков, В. В. Силкин ; Под общ. ред. Ф.И. Шаркова. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2018. — 304 с.

### **Специальные мероприятия как часть коммуникационной стратегии авиакомпании «S7 Airlines»**

Бондаренко М.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время рынок авиаперевозок претерпевает значительные изменения. В прошлом пассажирам не приходилось задумываться при выборе авиакомпании. Теперь потребители ценят как имидж, так и сервис, который они предоставляют. В результате компании сосредотачиваются на разработке коммуникационных PR-стратегий, в которых не последнюю роль играет организация и проведение специальных мероприятий

Актуальность. Специальные мероприятия являются, важнейшим инструментом в продвижении авиационной организации и входят в ее коммуникационную стратегию. Особенно важно это в настоящее время, когда авиакомпании стараются сделать все, чтобы привлечь большее число пассажиров.

Новизна. Автором впервые была предпринята попытка проанализировать специальные мероприятия как часть коммуникационной стратегии российской авиакомпании «S7 Airlines».

Основными источниками стали исследования Клименко Е., Захарова С.Е., Чумиков А.Н., Бочаров М.П., Халилова Р.Р., а также официальный сайт авиакомпании «S7 Airlines».

Цель — определить основные темы специальных мероприятий авиакомпании «S7 Airlines» за 2019-2022 годы.

Исследование. Автором был проведен мониторинг специальных мероприятий, которые были проведены российской авиакомпанией с 2019 по 2022 годы. Мониторинг показал, что основными темами их являлись:

1. Музыкальный фестиваль. (Фестиваль Alfa Future People для привлечения молодежной аудитории, 2019).
2. Благотворительные мероприятия совместно с фондами «Обыкновенное чудо» и «РУСФОНДОМ».
3. Выставки. (Pop-up выставка ретро-автомобилей, 2019).
4. Конкурсы. (Совместный с НИУ ВШЭ конкурс публич-арт проектов среди студентов HSE Art and Design School, (2021).
5. Экологические проекты. («Мы-Сибирь», 2022).

Таким образом, организация специальных событий играет очень важную роль при осуществлении коммуникативной стратегии организации. Специальные мероприятия наиболее эффективны в том случае, когда являются глубоко проработанными и отражают социальный запрос общества.

Авиакомпания «S7 Airlines» старается постоянно проводить подобные мероприятия, начиная с 2019 года. Их главными темами являются: помощь тяжелобольным людям, экология, конкурсы, выставки и фестивали. Специальные мероприятия направлены на разные возрастные категории, но основной группой, на которую ориентируется компания, является молодежь.

Рекомендации.

1. Размещать больше информации, как на сайте, так и в социальных сетях, о предстоящих мероприятиях.
2. Привлекать к участию в специальных мероприятиях лидеров мнений.

Список используемых источников:

1. Халилова Р.Р. Корпоративные мероприятия как способ мотивации персонала [Электронный ресурс] // Вестник науки. — 2020. — № 1 (58). — Т.4. — С.92-97. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnye-meropriyatiya-kak-sposob-motivatsii-personala/viewer>. Дата обращения: 15.02.23.

2. Чумиков А.Н., Бочаров М.П. Связи с общественностью: теория и практика: Учеб. пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Дело, 2006. — 552 с.

3. Землянная А.С., Савостин Д.А. Особенности использования специальных мероприятий в качестве маркетингового инструмента[Электронный ресурс] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2022. — № 6-2 (45). С. 195-198. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-spetsialnyh-meropriyatiy-v-kachestve-marketingovogo-instrumenta>. Дата обращения: 06.02.23.

## **Социальная сеть ВКонтакте как один из инструментов PR- продвижения авиакомпании «Победа»**

Буглова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.  
МАИ, Москва

Развитие технологий позволяет быстро привлечь аудиторию. Сегодня авиакомпании для привлечения потребителей используют социальные сети, где размещают образовательную и развлекательную информацию.

Актуальность. ВКонтакте входит в топ самых популярных социальных сетей в России, с марта прошлого года в ней стали появляться клипы для бизнес-сообществ, увеличен функционал. Актуальность связана с тем, что через соц. сети компании могут привлечь новых потребителей и улучшить репутацию среди уже существующих.

Цель исследования — рассмотреть социальную сеть ВКонтакте как один из PR-инструментов продвижения авиакомпании «Победа», определить, насколько важно ведение социальных сетей для продвижения авиакомпании.

Исследование.

Проведен мониторинг официальной группы авиакомпании «Победа» во ВКонтакте. Пресс-служба авиакомпании публикует клипы разного характера. Большой объем контента посвящен актуальным темам о ручной клади, багаже или перелете с животными. Компания обновляет контент на своих страницах в соцсетях, учитывая интересы и запросы аудитории. Сотрудники пресс-службы стараются ответить на каждый вопрос, специалисты по связям с общественностью используют корпоративные цвета в своих постах, в клипах бортпроводники всегда в форме.

Опрос. Был проведен опрос с 28 января 2023 года по 3 февраля 2023 года. В нем приняла участие 30 человек от 18 до 30 лет, большая часть имеют высшее образование и работают. Респонденты отвечали на вопросы об уже сформировавшемся мнении об авиакомпании, оценивали официальное сообщество ВКонтакте и отдельным блоком оценивали промо-ролик, приуроченный ко дню влюбленных. Полученные ответы показали, что отношение к авиакомпании среди потенциальных клиентов спорное. 2% респондентов, уверены, что не выберут данную авиакомпанию, а 95% отмечает, что «Победа» — хороший лоукостер с демократичными ценами на авиабилеты, но с высокой доплатой за багаж и питание. Почти всем участникам опроса не нравится отсутствие питания и небольшой размер калибратора.

В последний блок вопросов вошли вопросы о группе ВКонтакте. В нем респонденты в большинстве оценили ведение сообщества на пять из возможных пяти баллов. Однако мнение об авиакомпании не изменилось у 84% опрошенных.

Промо-ролик. Ролик положительно повлиял на восприятие авиакомпании у 90% опрошенных: называли авиакомпанию милой и отметили трудолюбие и хорошее отношение сотрудников. Часть опрошенных выразила желание побывать на рейсе, который был показан в ролике, и воспользоваться услугой. Некоторые из тех, на кого видеоролик не произвел впечатления (10%), также выразили желание воспользоваться услугой, но мнение по-прежнему осталось негативным.

## Выводы.

Социальные сети неотъемлемая часть жизни пользователей, поэтому организации стараются продвигать свои товары и услуги через них.

Российская социальная сеть ВКонтакте ежедневно собирает миллионы пользователей и постепенно увеличивает возможности. Авиакомпания «Победа» активно использует данную сеть для своего продвижения.

Исследование показало, что мнение о «Победе» разнится. Некоторые пользуются услугами из-за низких цен, но недовольны сервисом; некоторых все устраивает, а некоторые совершенно не хотят пользоваться услугами данного лоукостера. Несмотря на высокий рейтинг у «Аэрофлота» поддержать такой же рейтинг его дочерней компании «Победа» не удаётся.

Можно сделать вывод, что пресс-служба авиакомпании достаточно успешно ведет страницу ВКонтакте, хотя не всех пользователей все устраивает. «Победа» воспринимается большинством как авиакомпания для перелетов на небольшие расстояния из-за низкого качества обслуживания и это остается неизменным. В изменении восприятия большой вес в данном случае имеет промо-ролик, который заинтересовал всех опрошенных.

Для того, чтобы сообщество имело влияние на аудиторию необходимо не только публиковать посты с продажами авиабилетов, но и прислушиваться к пожеланиям потребителей.

## Рекомендации

Авиакомпании «Победа» необходимо развивать страничку ВКонтакте, а именно: использовать чат-бот с быстрым реагированием; расширять тематику контента информацией о «внутренней кухне» авиакомпании и самолетах, которыми владеет «Победа»; использовать сторителлинг.

## Список литературы:

1.Алдарова, И.К. Социальные сети как инструмент современного маркетинга/ И.К. Алдарова. — Текст: непосредственный// Бизнес-образование в экономике знаний: межд.науч.э.л.журнал. 2017. — № 2[7] . — 139 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-seti-kak-instrument-sovremennogo-marketinga>. Дата обращения — 01.02.23.

2. Баязитова, Т. И. Социальные сети как инструмент рекламной и PR-деятельности в Интернете / Т. И. Баязитова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 30 (134). — С. 357-358. — URL: <https://moluch.ru/archive/134/37665/>. Дата обращения — 31.01.23.

3.Официальное сообщество ВКонтакте авиакомпании «Победа» URL: <https://vk.com/pobeda.aero>. Дата обращения — 04.02.23.

## **Особенности PR-коммуникаций российских авиакомпаний в период кризиса**

Вильданова С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Маурина Т.С.

МАИ, Москва

Актуальность. Пандемия коронавируса, охватившая весь мир, нанесла колоссальный ущерб многим отраслям экономики. Убыток российских авиакомпаний от пассажирских перевозок по итогам января-июня 2020 г. составил 121 млрд. руб. Это создало огромные финансовые трудности и породило слухи о возможном банкротстве ряда авиакомпаний, из-за чего организации оказались в кризисной ситуации.

Для укрепления своих позиций на рынке авиакомпании начали активно использовать неценовые конкурентные преимущества и различные инструменты связей с общественностью, такие как организация программ поощрения постоянных пассажиров, рассылка direct-mail, информирование о скидках и др., что подтверждает актуальность темы исследования.

Обзор литературы. Вопросы антикризисного PR рассматривают такие ученые как Р. Улмер, С. Бунтовский, М. Сиджер и др.

В настоящем исследовании анализируется PR-деятельность российских авиакомпаний в период пандемии. Новизна исследования определяется недостаточной изученностью антикризисного PR в сфере авиаперевозок российских авиакомпаний.

Цель исследования: проанализировать деятельность компаний в период пандемии в сфере связей с общественностью и оценить эффективность влияния инструментов PR на преодоление компаниями кризисной ситуации.

Исследование. Автором было проведено исследование трех российских авиакомпаний: «Utair», «S7 Airlines», ПАО «Аэрофлот».

Так, авиакомпания «Utair» в период пандемии занималась поддержанием паблицитного капитала в социальных сетях, где активно взаимодействовала с целевой аудиторией и клиентами через развлекательные stories и информативные посты. В своем аккаунте компания подробно рассказывала о правилах перевозки багажа, условиях перелета с домашними питомцами, выкладывались яркие и интересные фотографии и отзывы клиентов, которые путешествовали вместе с «Utair». Нередко выходили посты с биографиями сотрудников компании под хештегом #utair\_люди. Стоит отметить, что на официальном сайте публиковались различные пресс-релизы, которые содержали информацию о возврате билетов и действующих внутренних и международных рейсах авиакомпании.

С целью повышения лояльности к бренду авиакомпания «Utair» сотрудничала с онлайн-школой по изучению английского языка Skyeng, в рамках данного сотрудничества все участники программы Utair Status могли пройти пробный бесплатный урок на онлайн-платформе школы и стать участником розыгрыша.

Авиакомпания «S7 Airlines» в период пандемии продолжала активно взаимодействовать с аудиторией, как и прежде проводила сезонную распродажу авиабилетов, информировала клиентов о процессе осуществления перелета с соблюдением необходимых мер безопасности против COVID-19 через свой новостной портал. «S7 Airlines» запустила услугу «Полный возврат», о данном нововведении авиакомпания сообщила в своем аккаунте в социальной сети Instagram и на официальном сайте, что позволило сохранить успешный имидж компании. Компания в период карантина запускала большое количество акций для участников программы лояльности S7 Priority, проводила опросы клиентов на сайте и в социальных сетях. Одним из таких мероприятий стала акция «Летайте дома», в рамках которой в течении месяца за каждый день, проведенный дома, путешественники получали по 100 миль на личный счет, полученные мили можно будет использовать в будущем при покупке билетов.

Важным инфоповодом компании в период коронавирусных ограничений стало открытие S7 Group в МФТИ кафедры «Информационные технологии в авиации». Более того несколько раз в период пандемии с главой компании «S7 Airlines» проводились интервью, в которых Владислав Филев рассказывал о настоящем положении дел в компании и на рынке авиаперевозок.

Авиакомпания «Аэрофлот — российские авиалинии» на своем официальном сайте сообщила о фактах массового распространения в социальных сетях и некоторых средствах массовой информации недостоверных сведений о завышении цен на авиабилеты. Для удержания постоянных клиентов «Аэрофлот» продлил на год элитные уровни участников программы лояльности «Аэрофлот Бонус».

По результатам исследования можно сделать выводы, что благодаря оперативному информированию клиентов о том или ином положении дел в период кризиса и в условиях постоянно меняющихся обстоятельств, повышается лояльность к бренду, растет доверие. Без использования инструментов связей с общественностью, авиакомпаниям будет достаточно трудно выйти из кризиса без огромных потерь, однако при грамотном взаимодействии с аудиторией увеличивается шанс того, что компания сохранит своих клиентов и положительный имидж организации.

Список используемых источников:

1. Джафарова Ф. Рос. авиакомпании придумали, как заработать в кризис // Коммерсант. — 2020. — 7 апр.

2. Костринский Г., Барсуков Ю. Глава S7 Airlines рассказал о трудностях авиации во время коронавируса // Авиационный портал AVIADO. RU. Режим доступа: <http://aviado.ru/news/glava-s7-airlines-rasskazal-o-trudnostyah-aviacii-vo-vremya-koronavirusa> (дата обращения: 10.02.2023).

3. Официальный сайт авиакомпании S7 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.s7.ru/> (дата обращения: 10.02.23).

4. Официальный сайт авиакомпании Аэрофлот [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru> (дата обращения: 10.02.23).

## **Особенности взаимодействия ГБУК г. Москвы «Мемориального музея космонавтики» с учениками школ, как инструмент популяризации российской космической сферы**

Гилева А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования заключается в необходимости заинтересовать школьников космосом, что послужит механизмом привлечения их в будущем к работе в высокотехнологических отраслях космической сферы.

Цель работы. Выявить особенности коммуникативной политики «Мемориального музея космонавтики» (ММК) с целью популяризации российской космической отрасли среди подрастающего поколения.

Обзор литературы. Тема исследования изучена в работах Уколовой Л. Е., Назарова А. Д., Костылева Н.В., Котляревской И.В., Мальцевой Ю. А., а также интернет-статьи на официальном сайте музея космонавтики. Требуется дополнительное научное изучение взаимодействие ММК со школьниками с целью популяризации деятельности в космической сфере.

Новизна работы. Заключается в научном анализе системы взаимодействия ММК со школьниками.

Коммуникативная политика представляет собой комплексный план мероприятий, отвечающий за осуществление эффективного взаимодействия сторон, организацию системы интегрированных способов передачи информации.

Исследование. Важная цель коммуникативной политики ММК — привлечение внимания детей к теме космоса, популяризация космической отрасли среди учеников школ и профориентация.

В ходе изучения темы обращает на себя внимание проект ММК «Учебный день в музее». Основная задача проекта — дать возможность школьным учителям провести урок на территории музея. Ученикам 5–11 классов можно позаниматься русским, литературой, информатикой и даже физкультурой. Для каждого урока будет выделен отдельный павильон. Учителям даются примеры тем, высылаются методические материалы и виртуальные пособия к уроку, связанные с темой космонавтики. Таким образом, проект «Учебный день в музее» дает не только возможность интересно организовать урок, но и заинтересовать подрастающее поколение темой космоса и подтолкнуть их к выбору будущей профессии в этой сфере через популяризацию российской космической отрасли.

Платформы «Активный Гражданин», «ТВЦ», «Яндекс Отзывы» и портала города Москвы разместили большое количество материала о проекте, тем самым способствуя популяризации не только проекта и музея, но и космической отрасли в целом среди подрастающего поколения.

На данный момент, опубликовано большое количество позитивных отзывов о проекте «Учебный день в музее» в том числе от детей школьного возраста и их учителей.

Выводы и рекомендации:

1) Организация уроков на территории «Мемориального музея Космонавтики» способствует повышению уровня заинтересованности школьников, а также приобщению их к теме космоса.

2) Креативный подход, как основная особенность акции «Учебный день в Музее» и внимание со стороны СМИ способствуют популяризации космической сферы среди подрастающего поколения.

3) Необходимо продолжать развивать проект при сотрудничестве и поддержке органов власти и обеспечить финансирование данного проекта в дальнейшем.

Список используемых источников:

1. Музейная коммуникация и управление коммуникационной деятельностью музея [Электронный ресурс]// SemanticScholar Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/> (дата обращения: 14.02.2023).

2. Назаров А. Д. Роль выставочной деятельности в развитии авиации и космонавтики в современной России [Текст]//Вопросы политологии. Вып. 2(54). Том 10. 2020. — С. 391–402.

3. Уколова Л. Е. Проблемы развития коммуникаций в современной культуре и связи с общественностью [Текст] // Коммуникология. — 2014. — №4. — С. 91–97.

4. Учебный день в музее [Электронный ресурс] // Музей Космонавтики Режим доступа: <https://kosmo-museum.ru/> (дата обращения: 14.02.2023).

## **Влияние музыки в рекламе на формирование отношения потребителя к компании «S7 Airlines»**

Григорьева П.М., Новикова А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Краснянский Д.Е.

МАИ, Москва

Актуальность. «S7 Airlines» является одной из крупнейших частных авиакомпаний России, которая имеет и широкую маршрутную сеть, и современные технологии в своем распоряжении. Одним из способов сформировать положительное отношение в рекламе является музыка. От ее успешного применения будет зависеть то, как потребители отнесутся к рекламному ролику и, соответственно, к самой авиакомпании.

Цель работы — провести анализ музыки в рекламных роликах авиакомпании «S7 Airlines», а также изучить мнение, которое сложилось у потребителей о ней после просмотра.

Обзор. Теоретической основой данной работы стали труды Керзиной Е.А., Покатиловой Е.Н., посвященные воздействию музыки на потребителей, Тюхай Е.В., рассматривающей работу брендов с музыкальной компонентой при создании рекламы.

Новизна заключается в предпринятой попытке изучить специфику влияния музыки в рекламе на взаимоотношения с клиентами авиационной компании «S7 Airlines».

Исследование. Были проанализированы рекламные ролики авиакомпании «S7 Airlines», которые размещены на сайте компании. Также отслеживались комментарии потребителей в социальных сетях и на других ресурсах, в которых люди высказывали свое мнение не только о «S7» и ее услугах, но и о рекламной кампании.

На сайте «S7 Airlines» доступны 10 рекламных роликов с ссылкой на YouTube канал, например: «Лучшая из планет», «Фотографии сбываются», «Мы — Сибирь» и другие. Они отражают основные ценности компании, что путешествие — это не просто перелет, а то чудо, которое доставляет людям счастье. В каждой рекламе есть музыкальное сопровождение, которое отражает настроение, которое хотели передать авторы. Музыка в гармонии с высококачественной картинкой задает темп и удерживает зрителя.

В начале, музыка спокойная, а потом становится более энергичной. В таком случае акцент делается на ударные инструменты и гитары. Контраст побуждает потребителя к действию, заряжает энергией, чувствуется прилив сил. Во многих роликах музыка нейтрального настроения, спокойная, чтобы подчеркнуть голос диктора. Применяют смычковые либо духовые инструменты, которые расслабляют потребителя, не давят, дают возможность

поразмышлять, делают акцент на эмоции. В случае с энергичными роликами музыка приближена к танцевальным рок или электронным жанрам, а в другом случае — к классическим произведениям. Использование разных музыкальных стилей направлено на широкую аудиторию.

Ориентируясь на отзывы в комментариях, можно сказать, что потребители довольны рекламной кампанией и хотят пользоваться услугами авиакомпании, а музыкальное сопровождение вызывает положительные эмоции. Но сама музыка не ассоциируется с «S7 Airlines», что является существенным недостатком.

Выводы.

1. Рекламные ролики показывают, что компания «S7 Airlines» крупная и нацелена на все слои населения.

2. Компания не использует навязчивую рекламу и открыто не призывает потребителя к действию.

3. Аудио и видеоряд дополняют друг друга, что импонирует потребителям.

4. Музыкальным фоном выступают звуковые эффекты и разные жанры музыки, которые создают настроение и погружают потребителя в нужную обстановку.

5. Музыка улучшает подсознательное восприятие компании. Характер мелодии и ритм обеспечивают необходимое пространство для пробуждения определенных эмоций и создания образа компании.

Рекомендации:

1. Видеороликам не хватает упоминания самой компании, так как реклама не ассоциируется у потребителей с «S7 Airlines».

2. Из-за большой длительности видеороликов, потребитель не досматривает их до конца.

3. В рекламе отсутствует какая-либо информация касательно самой компании, из-за чего потребитель не видит выгоды использовать именно «S7 Airlines».

4. Музыкальное сопровождение не вызывает у зрителя ассоциацию с компанией. Необходимо написать собственную запоминающуюся тему или джингл, которые играли бы в роликах и были привязаны к S7 Airlines.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт компании S7 Airlines [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.s7.ru> (дата обращения 26.02.2023)

2. Е.А. Керзина, Е.Н. Покатилова Воздействие музыки на поведение потребителей. — Пермь: 2017. — 272 с.

3. Тюхай Е. В. Музыка в рекламе: как бренды интегрируют в ролики рэп, поп и классику // [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/44145/1/Tyukhay\\_Muzyka.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/44145/1/Tyukhay_Muzyka.pdf) (дата обращения: 26.02.2023).

4. Как работает музыка в рекламе и маркетинге // say-hi [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://say-hi.me> (дата обращения: 26.02.2023).

## **Социологическая диагностика как инструмент оценки уровня инновационной культуры и развития системы коммуникаций организации на примере «Уральского Завода Гражданской Авиации»**

Гулидов Г.Г.

Научный руководитель — профессор, д.соц.н. Назарова Е.А.

МГИМО, Москва

Динамика изменения мира, а также постепенное усложнение всех систем общества заставляет компании адаптироваться и учитывать непостоянство и возможные трудности современной глобальной системы. Растёт спрос на внедрение универсальных систем и принципов управления компанией, инноваций, а также высоких управленческих технологий. Многие компании обращаются к сторонним компаниям за консультациями, аудитами и

планами реорганизации внутренних процессов в соответствии с требованиями меняющегося мира. В этом контексте безусловно важно учитывать современные методы социологической диагностики и актуальные методы развития организации.

Социологическая диагностика и методы развития организации исследуются как отечественными, так и зарубежными учёными. Тему исследуют такие отечественные учёные как А. И. Пригожин, Ю.А. Прохоров, А.В. Тихонов из зарубежных авторов можно выделить работы Р. Куина и К. Камерона. Невозможно не упомянуть работу А.И. Пригожина — «Методы развития организаций», так как в данной работе детально рассматривается методология с практическими аспектами предмета, а также работа ценна с точки зрения системности предложенных материалов, имеющих практическое обоснования в рамках национальной специфики профессиональной работы в России. Рассматривая конкретную организацию и формулируя возможные рекомендации, крайне важно сослаться именно на работы отечественных авторов и практический опыт российских специалистов.

Социологическая диагностика даёт возможность проанализировать сложную внутреннюю структуру компании, оценить инновационный потенциал корпоративной культуры, выявить организационные патологии, разработать рекомендации по развитию системы коммуникаций.

Согласно информации с официального сайта компании, ОАО «Уральский завод гражданской авиации» было учреждено в 1993 году, до 1997 года носило название акционерное общество открытого типа (АООТ «УЗГА»), является правопреемником завода 404 гражданской авиации, который был основан в 1939 году на базе Свердловских линейных авиа-мастерских ГВФ. В разные периоды происходили знаковые изменения как в организационной структуре, так и в направлениях деятельности и даже статусе компании. На данный момент компания является открытым акционерным обществом, деятельность и организационная структура которого регламентируется официальным уставом компании.

Исходя из данных, размещённых на официальном сайте компании, а также социальных сетях можно сделать вывод о том, что ведётся работа как по части развития имеющихся социальных ресурсов и реализации социального потенциала, так и привлечение новых ресурсов. Проводятся различные мероприятия, направленные на повышение уровня мотивации сотрудников компании, в компании работают механизмы как внутренней формальной и неформальной коммуникации, так и внешней, привлекаются новые специалисты, прорабатываются информационные ресурсы, внедряются новые технологии как в работе производств, так и в системе менеджмента и работы с клиентами, привлекаются молодые ученые, специалисты и инженеры, организация активно участвует в тематических мероприятиях и научно-технических выставках.

Рассмотрев историю, организации ОАО «Уральский завод гражданской авиации», социальные ресурсы и социальный потенциал, а также корпоративную культуру, можно сделать вывод о том, что данная компания трансформируется и приспосабливается к новым условиям работы в современном мире, что в свою очередь, позитивно влияет на инновационную культуру.

Для развития системы коммуникаций необходимо использовать социальные ресурсы и инновационный потенциал корпоративной культуры, таким образом закономерно введение модифицирующих инновационный, учитывающих актуальные социальные запросы как на уровне внутренних коммуникаций, так и внешних.

Список используемых источников:

1. Пригожин А. И. П75 Методы развития организаций. — М.: МЦФЭР, 2003. — 864 с. — (Приложение к журналу «Консультант», 9-2003).
2. Пригожин А.И. Нововведения: Стимулы и препятствия. М.: Наука, 1999.
3. Герасимов К. Б. Инновационный потенциал корпоративной культуры организации // Основы ЭУП. 2014. №6 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-potentsial-korporativnoy-kultury-organizatsii> (дата обращения: 20.11.2022).

## **Корпоративная культура как инструмент формирования имиджа авиакомпании S7 Airlines**

Данова Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Корпоративная культура как комплекс общих ценностей помогает авиапредприятиям завоевать новые рынки, быть конкурентноспособным и успешно развиваться.

Цель работы — изучить роль корпоративной культуры в формировании имиджа авиакомпании S7 Airlines.

Обзор литературы. Изучение корпоративной культуры нашло широкое отражение в коммуникологии. Отметим публикации Н.М. Дубининой, Е.Н. Коломоец. Проблема формирования положительного имиджа авиакомпании в сознании сотрудников требует дополнительного изучения.

Научная новизна — изучена роль корпоративной культуры в формировании имиджа авиакомпании S7 Airlines и ее влияние на деятельность сотрудников организации.

Исследование. Был проведен анализ внутренней корпоративной культуры авиакомпании S7 Airlines.

Корпоративная культура — набор положений, правил, знаков отличия, принимаемых членами организации и выражающихся в заявляемых фирмой ценностях; набор символических действий и элементов, позволяющих идентифицировать организацию, создавая в сознании целевых аудиторий образ фирмы — имидж.

Имидж — образ предприятия, сформированный в соответствии с ожиданиями целевых аудиторий, повышает конкурентоспособность фирмы.

Установлено, что организация создала и поддерживает элементы корпоративной культуры, которую разделяют ее сотрудники, принимают партнеры и клиенты фирмы.

При формировании и развитии внутренней корпоративной культуры S7 Airlines стремится к созданию комфортных условий труда и отдыха для сотрудников. Авиакомпания важно, чтобы каждый работник сознавал себя неотъемлемой частью единой команды S7 Group, желающим работать, уверенным в завтрашнем дне.

О достижении данной цели говорит рейтинг Forbes: S7 Airlines входит в ТОП-50 самых привлекательных работодателей России, что позволяет говорить о положительном имидже и высокой конкурентоспособности организации на рынке труда России.

Для поддержания такого имиджа важным элементом корпоративной культуры авиакомпании является экспертиза оценки условий труда, в результате которой сотрудникам, занятым на рабочих местах с вредными условиями труда, предоставляются дополнительная поддержка, в том числе, авиакомпания отправляет работников на санаторно-курортное лечение.

Стандарты корпоративной культуры S7 Airlines формируется в сознании сотрудников компании образ организации, которая заботится о поддержании комфортных условий жизни работников и членов их семей. На сотрудников S7 Airlines и членов их семей распространяются особые условия продажи билетов для перелетов в личных целях на регулярных рейсах S7 Airlines и ещё 40 авиакомпаний, Отдохнувшие, решившие свои проблемы, счастливые сотрудники с радостью возвращаются к своей работе и качественно ее выполняют, это подтверждают многочисленные положительные отзывы от пассажиров о работе авиапредприятия, позиции фирмы на рынке.

Забота о семьях сотрудников повышает имидж работодателя, являясь еще одним фактором укрепления конкурентных позиций авиакомпании.

Авиакомпания активно участвует в реализации политики государства в области поддержки деторождения и материнства, что отражается в ее корпоративной культуре. S7 Airlines в программе поддержки молодых мам, которая используется при конструировании имиджа работодателя, есть положение о гибком графике работы после выхода из декрета, в

офисах в Домодедове и Новосибирске организованы детские игровые комнаты. S7 Airlines берет на себя расходы по оплате до 85% стоимости путевок детского отдыха.

Вывод и рекомендации.

1. Элементы корпоративной культуры S7 Airlines по взаимодействию работодателя и персонала создали эффективный институт поддержки сотрудников организации, что развивает позитивный имидж организации как работодателя в сознании сотрудников, усиливая позиции на рынке производственных факторов.

2. Забота о персонале организации, которая нашла отражение в корпоративной культуре авиакомпании, положительно влияет на качество труда сотрудников, поддерживая позитивный внешний имидж организации, что говорит о необходимости продолжения работы по поддержанию положительного имиджа в сознании сотрудников.

Список используемых источников:

1. Дубинина Н.М., Бубнов В.В. PR-деятельность в социальных сетях как механизм повышения конкурентоспособности пассажирских авиакомпаний// 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». — Москва: Издательство «Перо», 2021– [Электронное издание]/ <https://aik.mai.ru/files/abstracts2021.pdf> (дата обращения 05.02.2023).

2. Коломоец Е.Н. Социальные инструменты закрепления молодых специалистов на авиационном предприятии// 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика — 2019». — Москва: Типография «Логотип», 2019/ [Электронный ресурс]/ Электрон. дан. URL <https://aik.mai.ru/files/abstracts2019.pdf> (дата обращения 01.02.2023).

3. S7 Airlines: [ Электронный ресурс]. URL: <https://www.s7.ru/ru/info/o-kompanii/> (дата обращения 05.02.2023)

## **Сохранение международных PR-коммуникаций как путь выхода авиакомпания «S7 Airlines» из кризиса**

Дорошкевич С.О.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваха Х.Н.

МАИ, Москва

С 2010 года членство «S7» в альянсе «Oneworld» было стабильным, компания занимала хорошее положение, ее голос мог влиять на принятие важных решений. Членство в альянсе — пример успешной внутриотраслевой международной коммуникации. Оно помогает авиакомпании развиваться, повышать лояльность к бренду по всему миру, развивать сервис, сеть перелетов и многое другое.

В связи со сложившейся международной ситуацией S7Airlines приостановила свое членство в альянсе.

Актуальность заключается в том, что в настоящее время авиакомпания вынуждена преодолевать отрицательные последствия от приостановления членства, при этом сохранить возможность возвращения в альянс.

Цель исследования — Изучить международное PR-взаимодействие авиакомпании «S7Airlines» с целью сохранения международных связей, лояльности к бренду.

Обзор.

Тема участия российских авиакомпаний интересовала следующих авторов: Ахмаева А.Э., Хрысева А.А., на их статьях базируется эта работа

Новизна обуславливается анализом эффективности внутриотраслевых и международных PR-коммуникаций в деятельности авиакомпании «S7Airlines».

Первым шагом исследования стал анализ преимуществ, получаемых авиакомпанией от членства в альянсе. Среди основных следует выделить:

- Рост сети авиаперевозок без дополнительных затрат
- Сокращение расходов на горюче-смазочные материалы
- Сокращение расходов на обслуживание в аэропортах
- Осуществление взаимообмена опытом и перспективными нововведениями
- Совместные программы лояльности для пассажиров.

Был проведен анализ информационного пространства авиакомпании. Пресс-служба «S7» в момент выхода из альянса сообщила изданию «РБК», что приостановление сотрудничества- не исключение авиакомпании из альянса.

Несмотря на приостановление сотрудничества с «Oneworld», «S7» продолжает работать в партнерстве с компаниями Cathay Pacific, Qatar Airways, Royal Air Maroc, SriLankan Airlines. Продолжение сотрудничества подразумевает сохранение расписания стыковочных рейсов. Пассажиры могут без длительных пересадок продолжать полеты, осуществляемые при взаимодействии с этими авиакомпаниями, при покупке билетов на рейсы этих авиакомпаний действуют льготные условия для пассажиров с картами лояльности «Oneworld», к которым относятся и карты «S7».

Сеть перелетов во многом зависит от финансовых затрат организации. В случае заключения договоров о партнерстве с большим количеством авиакомпаний, обслуживание самолетов S7 в принимающих аэропортах должно стать значительно дешевле. При наличии договора, у авиакомпаний есть возможность составить расписание стыковочных рейсов. Использование этого делает перелеты пассажиров комфортнее, соответственно повышает их лояльность к обоим брендам-участникам.

Сохранение благоприятных взаимоотношений с альянсом, не полная потеря связи возможна при соблюдении двух условий: сохранение «S7» софта, используемого авиакомпаниями «Oneworld» и совместная PR-деятельность этих компаний. По мнению автора, возможными актами совместной деятельности авиакомпании и альянса является ведение блогов о путешествиях, размещение статей в бортовых журналах авиакомпаний, просветительская деятельность в сфере перелетов и путешествий для пользователей услуг.

#### Выводы

Перед авиакомпанией «S7» стоит сложная задача: одновременно развивать коммуникацию с представителями российских авиакомпаний и не потерять связь с зарубежными авиакомпаниями. При действующих ограничениях это сделать достаточно сложно. Пути решения этой задачи является развитие внутриотраслевой коммуникации в обоих направлениях.

#### Рекомендации

Авиакомпания «S7» необходимо и дальше развивать коммуникации внутри отрасли. Наиболее актуальные решения на сегодняшний день: совместное ведение PR деятельности, активное участие авиакомпании в переговорах с российскими авиакомпаниями, с целью установления взаимовыгодного сотрудничества.

#### Список используемых источников:

1. Ахмаева, А. Э. Перспективы участия российских авиакомпаний в международных авиационных стратегических альянсах / А. Э. Ахмаева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 7 (87). — С. 338-341. — URL: <https://moluch.ru/archive/87/16978/> (дата обращения: 02.03.2023).

2. <https://www.iata.org> :Режим доступа: <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/annual-review-2022.pdf> (дата обращения: 01.03.2023)

3. oneworld.com: Режим доступа: <https://www.oneworld.com/news> (дата обращения: 01.03.2023)

## **Специфика рекламных кампаний Международного аэропорта Шереметьево имени А. С. Пушкина**

Дубникова А.И.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы работы заключается в том, что эффективно выстраиваемые рекламные кампании позволяют аэропорту сохранять конкурентоспособность на рынке.

Обзор. Актуальность и важность темы подтверждается наличием большого числа научных статей, монографий и учебных пособий. В процессе достижения ключевых задач

были исследованы труды таких известных авторов, как Чумиков А.Н., Бочаров М.П., Ф. Котлер, Якупов П.В., Почепцов Г.Г., Коваленко М.Ю. и Шарков Ф.И.

Научная новизна работы заключается в совершенствовании коммуникационной среды аэропорта Шереметьево для усиления конкурентоспособности.

Исследование:

Аэропорт «Шереметьево», пройдя полосу ограничений, связанных с пандемией, а также сокращениями полётов, оказался в ситуации резкого снижения пассажиропотока к концу 2021 года. Данная ситуация потребовала консолидации рекламных усилий от всех подразделений аэропорта. Была выбрана схема децентрализованной рекламной кампании, то есть донесение до пассажиров информационных сообщений о деятельности аэропорта с использованием различных средств рекламных коммуникаций.

16 января 2023 года Международный аэропорт «Шереметьево» и Московский драматический театр имени А. С. Пушкина представили для пассажиров и гостей аэропорта фотовыставку «Театр не изменит мир, но он изменит тебя». В качестве рекламных кампаний использовались кобрендинговые мероприятия совместно с театром, были размещены баннеры в социальных сетях, а также на тематических сайтах по профилю театров и выставок.

9 февраля 2023 года аэропорт Шереметьево поздравил работников и ветеранов гражданской авиации от имени Министра транспорта РФ Савельева В. Г. Данное событие анонсируют через такие рекламные инструменты, как indoor реклама, а также используются роллапы и прессволы внутри аэропорта.

В 2022 году аэропорт «Шереметьево» сформировал для пассажиров экологичную среду, что сопровождалось рекламой в Интернете, на официальном сайте Шереметьево, а также в бортовом журнале.

Международный аэропорт Шереметьево присоединился к федеральным патриотическим акциям, проводимым в честь Дня России. Мероприятия сопровождаются рекламными анонсами в видео формате, а также используется контекстная реклама.

Sheremetyevo Duty Free, оператор магазинов беспыльной и пошлинной торговли в Шереметьево, запустили новый цифровой сервис предварительного заказа товаров на официальном сайте компании. Данный сервис анонсируют через контекстную рекламу.

Международный аэропорт «Шереметьево» и Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» в честь главного праздника отрасли представили серию культурно-познавательных акций для пассажиров и гостей аэропорта. Данные акции сопровождалась кобрендинговыми мероприятиями с корпорацией «Роскосмос», а также анонсировались в социальных сетях корпорации «Роскосмос».

В арт-галерее между Терминалами D и «Аэроэкспресс» проходит фотовыставка «Наш Гагарин», организованная Госкорпорацией «Роскосмос» при поддержке Музея Космонавтики и Российского государственного архива научно-технической документации. В качестве рекламных кампаний использовались кобрендинговые мероприятия совместно с арт-галереями, были размещены баннеры в социальных сетях, а также на тематических сайтах по профилю арт-галерей.

Аэропорт «Шереметьево» стал участником ежегодной Всероссийской акции «Ночь музеев». Логотип аэропорта присутствовал на всех рекламных и раздаточных материалах акции «Ночь в музее».

Аэропорт подготовил серию уникальных видеороликов, посвященных истории развития авиагавани с 1959 года и до настоящее время. Технология, которая использовалась при продвижении роликов — таргетированная реклама.

Выводы:

1. Благодаря регулярным рекламным кампаниям аэропорту «Шереметьево» удаётся обеспечить эффективное функционирование и конкурентоспособность на рынке.

2. После кризиса в авиационной отрасли, сложившегося из-за пандемии, аэропорту «Шереметьево» необходимо восстанавливаться с нуля. Для этого активно использовались

рекламные технологии: кобрендинговые мероприятия, контекстная реклама, акции, рекламные анонсы и мероприятия для возвращения прежнего уровня клиентов.

Рекомендации:

Использование децентрализованных рекламных кампаний позволяет решать набор задач по увеличению пассажиропотока, а также резкому увеличению узнаваемости и поддержанию положительного имиджа не только на стабильном рынке, но и в условиях нестабильной рыночной ситуации. В результате использования децентрализованных рекламных кампаний аэропорту «Шереметьево» удастся преодолеть кризис и вернуться к прежнему уровню клиентов. Децентрализованные рекламные кампании позволяют принимать решения по поводу различных рекламных мероприятий, в рамках одной рекламной кампании. Пассажиропоток в аэропорту Шереметьево снизился на 8% в 2022 году по сравнению с аналогичным периодом годом ранее, до 28,4 миллиона человек, следует из данных авиаузла. В сравнении с показателем 2019 года прошлогодний пассажиропоток сократился на 43,1%.

Список используемых источников:

1. Быков И.А. Организация и проведение кампаний по связям с общественностью [Текст]: Учебное пособие / СПбГУТ. СПб, 2013. — С. 180.
2. Козюба О.А. Маркетинговый анализ рынка авиатранспортных услуг регионального аэропорта [Текст] // Молодой ученый. — 2015. — №10.2. — С. 117-121.
3. Официальный сайт Международного аэропорта Шереметьево имени А. С. Пушкина». URL: <https://www.svo.aero/ru/main>. Дата обращения — 10.02.23.

## **Digital-коммуникации как инструмент продвижения бренда Авиасейлс**

Ермакова А.С., Богатков И.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Хуршуд  
МАИ, Москва

Актуальность данной темы обусловлена тем, что на данный момент многие B2C организации формируют свои digital-коммуникации исключительно в формате рекламы и PR-технологий через взаимодействие со СМИ, тем самым ограничивая круг инструментов работы с целевыми аудиториями. Сегодня бизнес-структуры ощущают острую нехватку в лояльных потребителях, готовых оставаться с компанией даже в кризисные времена.

Постоянно растущий спрос на авиаперевозки и, как результат на авиабилеты, создает благоприятные условия для эффективного расширения в бизнесе и взаимодействия с целевой аудиторией. Однако с учетом увеличивающихся логистических ограничений и постоянного роста издержек производства цены на услуги авиаперевозок растут. В этих условиях PR-специалисты и маркетологи должны предлагать выгодные уникальные предложения клиенту, чтобы удержать его, усилить сформировавшуюся лояльность к фирме с помощью коммуникативных технологий.

Цель исследования — проанализировать и оценить возможности использования digital-коммуникаций для продвижения бренда интернет-поисковика Aviasales.

Обзор. Основными источниками данной статьи являются труды Апанасюк Л.А., Богдановой С.В., Пугачевой, С.Д., Белолипецкого Е. Д., Гнатюк О.Л., Костроминой Е. А. Среди зарубежных авторов можно выделить труды David Merman Scott., Durand, C., Peña Ibarra, L.P., Sarayannis Robert Wentrup, Patrik Ström, а также публикации в тематических сборниках, и электронные ресурсы, в частности сети Интернет.

Под digital коммуникацией понимается весь разнообразный спектр коммуникаций компании с потребителями, осуществляемый на основе интернет-технологий и имеющий интерактивный характер.

Адвертайзинг является инструментом digital коммуникаций, служащий для информирования массовой аудитории об уже доступных либо планируемых в ближайшем будущем товарах/услугах путем представления последних наиболее эффективным образом.

Исследование. Для достижения максимально эффективного взаимодействия со всеми целевыми аудиториями метапоисковик Aviasales использует весь спектр digital-коммуникаций.

1) Авертайзинг-коммуникации используются компанией в интеграции с известными блогерами (Михаилом Кшиштовским, Антоном Птушкиным, Русланом Усачевым и Леонидом Пашковским), чьи публикации посвящены путешествиям. Цель такой рекламы в достижении большего охвата, который можно получить благодаря длительному сотрудничеству с создателями контента.

2) Блог решает SEO-задачи и способствует установлению контакта с аудиторией, повышает эффективность обратной связи. В блоге Aviasales появляются и рекламные сообщения, например, рекламная статья в сотрудничестве с производителем чемоданов Samsonite. В блоге Aviasales была опубликована статья с инструкцией по выбору чемодана, в которой упоминался бренд.

3) Почтовая-рассылка обращает внимание получателя на записи в блоге, рассказывает о новостях компании и специальных предложениях. Сейчас письма от Aviasales получают примерно 1 млн пользователей. Более 30% из них переходят по ссылкам из письма.

4) Социальные сети. Aviasales имеет аккаунты в социальной сети ВКонтакте, Telegram, Одноклассники, TikTok, благодаря чему охват аудитории составляет более миллиона пользователей в месяц. В социальных сетях находится информация о полетах, различные видео, фотографии, новости о путешествиях и уникальных предложениях, а также иной развлекательный контент.

Выводы.

1. Метапоисковик Aviasales, являясь крупнейшей платформой по поиску и покупке авиабилетов, активно занимается как продвижением собственного бренда, так и продвижением товаров и услуг компаний-партнеров.

2. Коммуникативная деятельность поддерживает лидирующее положение фирмы на рынке сервисов по продаже авиабилетов в РФ, эффективно используя разнообразные digital коммуникации.

3. Содержание сообщений в социальных сетях соответствует интересам потребителей конкретных платформ, являясь эффективным средством популяризации бренда и решая бизнес-задачи.

Список используемых источников:

1. Абдилова А.Т. Влияние цифровизации на рынок рекламы: тенденции и новые тренды // Цифровые технологии в социально-экономическом развитии России: взгляд молодых: сборник статей и тезисов докладов XVI национальной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. — Челябинск, 2020. — С. 470-474.

2. Богданова С.В. Особенности интернет-маркетинга в России // Социально-экономическое развитие региона: состояние, проблемы, перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции.— Ставрополь, 2019. — С.65-69.

3. Пугачева С.Д. Онлайн-маркетинг: проблемы и возможности / С.Д. Пугачева, А.Е. Игнатъев // Наукосфера. — 2021. — No 2-1. — С. 175-183.

## **Информационная политика как PR-инструмент развития имиджа авиакомпания Utair в социальных сетях**

Кошман В.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Одна из функций PR-деятельности — обеспечение обмена информацией. Разработка и реализация информационной политики в соцсетях влияет на развитие имиджа авиаперевозчиков.

Цель: проанализировать информационную политику авиакомпании «Utair» в социальных сетях как PR-инструмент развития имиджа.

Обзор литературы. Проблема активно изучается, среди публикаций по теме можно выделить труды Х.Н. Кушвахи., А.В.Тараненко, Э.В. Сукманова. Однако научный анализ использования информационной политики в развитии имиджа бренда Utair требует дополнительного изучения.

Исследование. Под информационной политикой в отношении имиджевого PR-инструмента понимается регламент ведения коммуникации компании с партнерами, СМИ, инвесторами, клиентами. Достижение целей и проведение мероприятий, которые имеют значительный вес для общества, является основной задачей информационной политики.

Авиакомпания Utair находится в среде сильных конкурентов, способность быть в контакте с аудиторией крайне важна для долгосрочного взаимовыгодного сотрудничества с целевыми аудиториями, получения доходов и прибыли. Для имиджа авиакомпании необходимо делать акцент в информационной политике на доверии, обеспечении безопасности и качественном обслуживании клиентов.

Анализ деятельности Utair в социальных сетях «ВКонтакте» (более 77 тысяч подписчиков), «Одноклассники» (более 7 тысяч подписчиков) «Телеграм» (более 6 тысяч) позволяет выявить стратегию ведения информационной политики и имиджа PR-подразделениями бренда — авиаперевозчика, который предлагает услуги по разумным ценам, имеющего популярность у целевой аудитории.

В официальном сообществе «ВКонтакте» делается акцент на актуальные сведения по перелетам, наличие уникальных внутренних рейсов по стране, новости авиации. Авиакомпания публикует гибкий трафик тарифов уникальных рейсов, чтобы иметь конкурентное преимущество на рынке: 22.02.2023 в сообществах анонсирована уникальная акция покупки первой сотни билетов рейса из Москвы в Нижневартовск или по обратному маршруту за 500 рублей в течение недели. Регламент информационной политики, используемый в публикациях в социальных сетях от лица бренда, несет идею о том, что путешествовать с авиакомпанией Utair всегда выгодно. Это развивает имидж организации, которая заботится о клиентах, делает авиаперелеты доступным средством передвижения, используя гибкую ценовую политику.

Информационная политика как PR-инструмент формирует имидж через оформление публикаций: сообщения лаконичны, медиа-материалы выполнены в минималистичном стиле.

Канал в «Телеграме» и сообщество в «ОК» несут одностороннюю связь и дублируют информацию из «ВК» с возможностью оставить реакцию на публикацию, но вызывает меньший интерес, исходя из количества откликов.

Служба поддержки в сообществе «ВК» отвечает оперативно в течение нескольких минут, где прослеживается характер политики компании. Это развивает имидж организации, которая делом, а не громкими словами доказывает свое уважение к пассажирам. Так, регламент информации в публикациях в сообществе «ВК» и канала в «Телеграм» несет в себе исключительно положительный настрой от пользования услугами бренда.

Вывод. 1. Информационная политика Utair как PR-инструмент в социальных сетях напрямую связана с развитием имиджа перевозчика с гибкими ценами и уникальными внутренними рейсами. Авиакомпания сохраняет целостность информации в социальных сетях для целевой аудитории характерным стилем сообщений и оформлением.

2. Регламент информационной политики Utair строится на лаконичности и ясности, что следует из анализа каналов коммуникации в соцсетях. Бренд развивает свой имидж под целевые аудитории платформ, формирует образ перевозчика, готового к общению с разными клиентами, которые предпочитают рациональные траты финансов. Следует провести эксперимент — заняться большей адаптацией информации под интересы пользователей «Одноклассников».

Список используемых источников:

1. Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. Средства массовой коммуникации как инструмент PR-продвижения авиационного бренда в России / Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. // Коммуникология, — 2017, 1, с 79-87
2. Официальная группа авиакомпании «Utair» ВКонтакте. Режим доступа — <https://vk.com/utair> (Дата обращения 22.02.2023)
3. Официальный сайт авиакомпании «Utair». Режим доступа — <https://www.utair.ru/> (Дата обращения 22.02.2023)
4. Сукманов Э.В. Информационная политика, как инструмент формирования устойчивых связей с общественностью / Сукманов Э.В. // Политика, экономика и инновации — 2016, 8 (10), с 2

## **Психологическое воздействие на целевую аудиторию рекламных коммуникаций метапоисковика авиабилетов Aviasales**

Кудрявцева А.А.

Научный руководитель — Кушваха Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена необходимостью научного изучения психологических процессов восприятия рекламных коммуникаций, связанной с конкуренцией на рынке сервисов поиска авиабилетов и обоснованной потребностью метапоисковика Aviasales в дополнительных рычагах воздействия на потребителя.

Новизна исследования определяется отсутствием практических работ, направленных на изучение специфики восприятия рекламных коммуникаций целевой аудиторией сервиса Aviasales.

Целью данной работы является изучение особенностей психологического воздействия рекламных коммуникаций метапоисковика авиабилетов Aviasales на целевую аудиторию.

Обзор. Теоретической и методологической базой при написании данной работы послужили труды зарубежных и отечественных специалистов в области изучения психологии рекламных коммуникаций, таких как: Д.В. Арустамян, Е.И. Бошина, Г.Н. Голубева, Л.В. Лебедева, Е.В. Маркова.

Исследование. Автором была проанализирована коммуникативная деятельность метапоисковика авиабилетов Aviasales, анализ рекламных роликов и рекламных публикаций компании Aviasales. На основании полученных данных автором было проведено исследование восприятия рекламных коммуникаций сервиса Aviasales целевой аудиторией.

В рекламных сообщениях потребитель обращает свое внимание, в первую очередь, на визуальную составляющую, поэтому рекламодатели активно прибегают к различным невербальным средствам психологического воздействия. Применяя любое из средств убеждения и внушения, рекламодатель должен помнить, что для эффективного воздействия рекламное сообщение должно быть четко ориентировано на потребителя, опираться на его интересы, потребности, а также эмоции и переживания.

Сервисы по поиску авиабилетов относятся к той группе услуг, спрос на которые будет всегда, поскольку огромную часть транспортного сообщения занимает именно авиаперевозки. Реклама данных сервисов использует вербальные и невербальные средства психологического воздействия, учитывая значение рекламного сюжета и рекламного персонажа. Широко в рекламе метапоисковика используются цифровые данные различного рода. Важным приемом визуального воздействия в рекламных коммуникациях является цвет. Цвет как прием создания рекламы требует знания особенностей восприятия их человеком. Используя различные цветовые сочетания, можно добиваться высокой степени воздействия рекламного сообщения на целевую аудиторию.

Одним из основных методов психологического воздействия является эмоциональный метод, так как воздействие на эмоции — самый лучший способ повлиять на поведение целевой аудитории. Чем теснее рекламный продукт связан с естественными

положительными эмоциями потребителя, тем эффективнее будет реклама. Например, определённые культурные символы в рекламе могут вызывать у зрителей теплые чувства, и эти чувства переносятся на рекламируемые товары, тем самым происходит своеобразная подмена ассоциативного ряда. Другими методами воздействия в рекламных коммуникациях являются метод убеждения, который основан на предоставлении большого количества информации о товаре, а также метод заражения, основанный на объединении большого количества людей.

Музыка в рекламных роликах помогает зрителям вызвать нужные ассоциации. Чтобы усилить эффект воздействия, образы в музыке должны быть связаны с образами зрителя. Говоря о вербальном восприятии, большое значение имеет шрифт и размер букв, символы и расположение товара на экране. Рекламный текст также является мощным приемом воздействия. Для того, чтобы убедить потребителей в чем-либо, необходимо объяснить это на простом языке, не стоит пренебрегать диалектами и жаргоном. При создании рекламы главная цель — запомниться аудитории.

Выводы.

1. К психологическим особенностям рекламных коммуникаций на Aviasales следует отнести сочетание и комбинирование приемов воздействия на потребителя, для того чтобы сделать свою рекламу уникальной, отличной от других: это визуализация потребностей клиентов; апелляция к их эмоциям, переживаниям, сочетание цвета, звука, текста и др.

2. Грамотно подобранные различные приемы психологического воздействия делают рекламные ролики побуждающим фактором в приобретении билетов именно на метапоисковике Aviasales.

Рекомендации. Рекламный слоган метапоисковика Aviasales «Поиск дешевых авиабилетов» выглядит недостаточно привлекательным, необходимо сформулировать понятный и простой слоган для рекламных роликов, который содержал бы мотивировал на возможность приобрести не только билеты, но и построить выгодный и привлекательный маршрут для путешествия или отдыха.

Список используемых источников:

1. Арустамян, Д. В. Психологические методы воздействия рекламы / Д. В. Арустамян, Е. Д. Байкова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 1 (60). — С. 731-733. — URL: <https://moluch.ru/archive/60/8866/> (дата обращения: 26.02.2023).

2. Бошина Е.И., Голубева Г.Н. О психологии воздействия и восприятия рекламного обращения // Вестник молодежной науки. 2016. №2 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-psihologii-vozdeystviya-i-vospriyatiya-reklamnogo-obrascheniya> (дата обращения: 26.02.2023).

3. Лебедева Л.В. Психология рекламы: учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. — 140 с.

4. Официальный сайт Aviasales [Электронный ресурс] — URL: <https://www.aviasales.ru/about> (дата обращения: 19.02.2023).

## **Ребрендинг как способ повышения узнаваемости авиационной компании «Smartavia»**

Лаптев М.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Маурина Т.С.

МАИ, Москва

Актуальность. Ребрендинг — это реверс или коррекция существующего бренда. Реверс — критическое изменение в бренде. Коррекция — учет ошибок и работа над ними. В настоящее время его актуальность заключается в том, что многие компании под влиянием внешних факторов стремятся обновить или переосмыслить образ своей графической составляющей.

Обзор. Особенности применения ребрендинга рассматривались в трудах таких ученых как Дори Кларк, Оксана Овчинникова и др.

Цель исследования — обосновать роль ребрендинга в имидже и экономических успехах авиационных компаний.

Новизна. Влияние ребрендинга на имидж и репутацию компаний авиационной сферы ранее широко не исследовалось. Что и обуславливает новизну данной работы.

Исследование. Перед проведением ребрендинга необходимо ответить на вопросы «для кого», «что», «с какой целью», «каким образом», и «почему». В ребрендинге важно произвести мифологизацию образа.

Есть 2 направления мифологизации- «миф-плюс» и «миф-минус».

Основной тип ребрендинга- репозиционирование. Он предполагает возврат к брендингу и его переосмысление.

Вторым инструментом будет являться «рентрансляция». Для его реализации необходимо изучение целевой аудитории, то есть откуда она получает информацию. После исследования, в нужных источниках проводится рекламная кампания.

Третьим инструментом будет являться «ребрендинг- расширение». Он является сложным в плане корректирования бренда. Предназначается для расширения ассортимента товаров.

В качестве четвертого инструмента будет представлен «манипуляция архитектурой бренда». Архитектура бренда является портфельной стратегией, которая организуется и структурируется относительно потребительского рынка.

В некоторых компаниях бренд подразделяется на несколько малых брендов. Динамика в изменении восприятия бренда в таком случае происходит при нескольких вариантах: естественная или управляемая динамика малого бренда внутри портфеля; пересмотр отдельного малого бренда; отслеживание динамики структуры портфеля брендов; новые решения в плане дизайна в графическом представлении бренда.

Авиакомпания «Smartavia» применила метод репозиционирование. При ребрендинге компания “Smartavia” пользовалась «Миф-плюс». Такой вывод был сделан на основе того, что формула «Миф-плюс» состоит из образа и антиобраза, которые противопоставляются друг другу. Для этой компании было важно показать, что теперь они более технологичные. Так, при среднем падении авиаперевозок в период пандемии на 47%, у “Smartavia” это показатель составил лишь 19%.

Осуществленные действия привели к тому, что за относительно короткое время «Smartavia» полностью обновила самолетный парк, что позволило авиакомпании перейти на более высокий уровень обслуживания пассажиров. При ребрендинге компания начала также создавать мифологизацию. Благодаря названию потребители сочтут ее технологичной. Ребрендингу подверглись все объекты компании — от ливреи до формы воздушного состава. Компания “Smartavia” решила сохранить на своих ливреях уже используемые цвета (серый, оранжевый и синий), но при этом изменить их тона, что бы ливреи не были идентичны ливреям «Аэрофлота».

Выводы.

1. Исходя из результатов исследования, можно сказать, что компания “Smartavia” после проведения ребрендинга приняла решение об изменении стратегии своей организации, сконцентрировавшись на «умном» обслуживании своих клиентов, а также под новым брендом они добились успехов, что закрепило за новым названием надежность и успех.

2. Таким образом, ребрендинг привел не только к изменению философии компании и подхода к созданию мифологизации у потребителей, компания полностью обновила свой самолетный парк, повысила уровень обслуживания пассажиров, улучшила имидж организации в целом.

Рекомендации. Компании “Smartavia” следует более активно продвигать свой новый образ. В качестве рекламы могут выступать как СМИ, так и внедрение своего корпоративного этикета, который проявляется в общении с клиентами, униформе персонала, может даже определенного музыкального сопровождения.

Список используемых источников:

1. Овчинникова О. Ребрендинг. М.: Альфа-Пресс, 2007.

2. Официальный сайт авиакомпании Smartavia [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.flysmartavia.com/> (дата обращения 20.02.2023).

3. Smartavia отмечает два года с момента ребрендинга и полностью переходит на новое название[Электронный ресурс] — 2021. — Режим доступа: <https://www.echosevera.ru/2021/04/01/> (дата обращения 18.01.2023).

### **Актуальные способы работы среди молодежи для популяризации знаний об аэрокосмической отрасли**

Мамедов Р.В., Лазарев А.М., Краснянский Д.О.

Научный руководитель — доцент, к.и.н. Охочинский М.Н.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

По исследованию Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) совместно с Фондом социальных исследований (г. Самара) и Самарским государственным экономическим университетом были получены данные о том, как россияне оценивают состояние отечественной космической отрасли и достаточности её популяризации. Далее продемонстрированы основные аспекты:

1. За последние два года уверенность россиян в том, что Россия сохранила или укрепила свои позиции в деле освоения космоса, снизилась.

2. Привлекательность космической отрасли для россиян остаётся на среднем уровне.

3. Недостаточной, согласно опросу, является сегодня проводимая работа по популяризации отечественной космонавтики.

Данные исследования показали, что у подростков нет уверенности в том, что данная отрасль как-либо развивается и приносит пользу Отечеству. Современная молодёжь развивается в процессе познания окружающего мира, получая большой поток информации из различных источников. В наше время все меньше средства массовой информации стали уделять внимание теме Космоса и космонавтики, тем самым для новых поколений тема космонавтики становится чем-то устаревшим и неактуальным. Поэтому необходимо систематизировать и упорядочить новый процесс обучения, а главное учесть психологию восприятия молодёжи.

Наша методология работы с молодёжью отвечает поставленным требованиям. И заключается в трансформации мышления у детей и подростков, повышении интереса у них к аэрокосмической отрасли и снятие барьеров для их полёта мысли эскизном проектировании летательных аппаратов. Преимущество данного метода состоит в его адаптивности и применимости и к другим сферам жизни человека. Так, применив опыт, полученный в этом примере можно распространять и на обучение в рамках основных образовательных программ в школах и иных учреждениях.

Основными тезисами нашего подхода являются: Равенство (дать возможность всем участникам образовательного процесса высказать свою обоснованную точку зрения на тот или иной факт); Уважение (любое мнение и любая идея имеет место быть, и не может быть заблокирована никем); Интерактивность (применять современные методы проведения занятий с молодёжью); Креативность мышления (дать возможность выдвигать даже самые фантастические теории и графически представить её реализации); Использование современных технологий (сочетать в беседах традиционные методы демонстрации материалов и, например, AR-технологии).

Рассматриваемые процессы и тезисы изучались в рамках текущего Законодательства Российской Федерации с детьми и подростками в возрасте от 10 до 17 лет из Луганской и Донецкой республик в ходе цикла встреч «Диалоги о Космосе» в октябре — ноябре 2022 года проекта «Мы Россия. Другое Донбасса» при поддержке Дома народов России, ФАДНА России, АНО «Звезда» и других.

Сперва исследуется целевая аудитория, для которой будет проводиться занятие по выбранной тематике. Затем происходит подбор методов ведения донесения им информации. В нашем случае: за несколько часов до начала основного занятия начинается старт работы в

online-формате, где идёт погружение в аэрокосмическую тематику путём завлечения фактами, блицами и опросами. После, приближаясь к самой встрече, идёт рассказ о самих спикерах, так выстраивается нить доверия у молодёжи и приглашённого к ним человека. Само занятие проводится в offline-формате и делится на 3 этапа: лекционный (донесение информации по заранее подготовленным материалам); дискуссионный (ответы на вопросы и обсуждение различных теорий); креативный (реализация проработанных вопросов в графическом виде). После поддержка связи с целевой аудиторией как минимум 3 дня, когда общение основывается не только на обсуждении целевой тематики, но и на обыденных вопросах. Все вышеперечисленные факты преследуют принцип «теория-навыки-практика», когда обучающиеся сразу применяют полученные знания на практике, и их никто не ограничивает в разработке новых методов решения «сложных задач». Помимо прочего, снимаются барьеры неуверенности в себе, а также асоциальные проявления в поведении каждого конкретного молодого человека.

Такая работа с данной молодёжью оказала значительно влияние на качество реализации проекта, так как её результатами стали: высокий уровень доверия в силу возраста, достижений и компетенций; рост общей вовлечённости в темы, связанные с ракетно-космической отраслью; развитие желания расширения общего кругозора. Что позволяет говорить об эффективности выбранного плана действий.

Предложенный метод позволит не только укрепить знания об истории и достижениях Отечественного ракетостроения и космонавтики, но и дополнительно развить патриотическое сознание у подрастающего поколения.

Список используемых источников:

1. Космос как профессия: востребован, но не популярен // ВЦИОМ URL: <https://wciom.ru/analytical-reports/analiticheski-doklad/kosmos-kak-professiya-vostrebovan-no-ne-populyaren?ysclid=leoxkw899b476936062> (дата обращения: 15.02.2023).
2. Молодежь не мечтает о космосе // Проза.ру URL: <https://proza.ru/2014/07/07/1453?ysclid=leoxor6d2x179514291> (дата обращения: 15.02.2023).
3. Патриотическое воспитание молодежи. Осознание величие космоса // Образовательная социальная сеть URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2021/11/24/statya-patrioticheskoe-vozpitanie-molodezhi?ysclid=leoxstwi5a191296393> (дата обращения: 15.02.2023).

## **Особенности информационных поводов аэропорта Домодедово**

Мачнева С.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. На сегодняшний день международный аэропорт Домодедово является лидером по объёму пассажирских перевозок в России и Восточной Европе. При таком большом количестве потенциальных потребителей важно уделять особое внимание налаживанию положительных связей как с внешней, так и с внутренней общественностью; стоит учитывать непростую ситуацию с выездом за границу, сложившуюся в последнее время. Именно поэтому аэропорту необходимо постоянно поддерживать свое присутствие в информационном пространстве, проводя специальные мероприятия, привлекающие внимание как пассажиров, так и представителей СМИ.

Цель работы — рассмотреть и проанализировать основные информационные поводы и специальные мероприятия аэропорта за период с июня 2022 года по январь 2023 года.

Обзор. Изучением специальных мероприятий и информационных поводов занимались такие исследователи, как: Джагаева А.Г. [1], Саврилова Н.С. и Барделева П.М. [3], Сулова О. О. [4], Чумиков А.Н. [5]. Но ни одно из приведенных выше исследований не рассматривает информационные поводы и спецмероприятия аэропорта Домодедово, что и является новизной данной работы.

Исследование. Автором было проанализировано 98 пресс-релизов, размещенных на официальном сайте Домодедово с июня 2022 года по январь 2023 года.

Было установлено, что за данный период пресс-службой аэропорта было проведено 30 специальных PR-мероприятий: 7 дегустаций, 4 мастер-класса, 3 выставки, 3 презентации, 2 экскурсии, 2 специальные акции, викторина, церемония открытия и награждения, лекция, конкурс, концерт, семинар, конференция и ярмарка. Если рассматривать по месяцам, то получается, что в июне состоялось 6 (3 дегустации, викторина, лекция, мастер-класс) мероприятий, в июле — 5 (2 дегустации, 2 презентации, мастер-класс), в августе — 3 (дегустиация, презентация, выставка), в сентябре — 6 (конкурс, мастер-класс, выставка, концерт, конференция, церемония открытия), в октябре — 4 (2 экскурсии, семинар, дегустация), в ноябре — 2 (благотворительная акция, церемония награждения), в декабре — 4 (выставка, акция, мастер-класс, ярмарка), в январе — 0.

При рассмотрении информационных поводов PR-текстов, размещенных на официальном сайте Домодедово, их можно разделить на следующие основные темы:

- Открытие и возобновление новых рейсов (25),
- Праздники (13),
- Работа туристического информационного центра (ТИЦ) «Наше Подмосковье» (9),
- Работа аэропорта (9),
- Увеличение частоты полетов (8),
- Популярные направления (6),
- Работа медцентра (6),
- Пассажиропоток (5),
- Участие в номинациях (4),
- Плановые учения (4).

Большая часть публикаций сопровождается иконическими материалами, а также цитатами экспертов в той или иной сфере. Почти все пресс-релизы в конце снабжены справочной информацией об основных достижениях аэропорта.

Выводы:

1. В качестве основных специальных PR-мероприятий выступают — дегустации, мастер-классы, а также выставки и презентации.

2. Основными информационными поводами являются открытие и возобновление новых рейсов, участие и проведение праздников, а также работа ТИЦ.

3. В среднем каждый месяц аэропортом Домодедово проводится 3 мероприятия. Однако в январе 2023 года не было проведено ни одного мероприятия.

4. Отсутствие в большинстве PR-текстах контактной информации.

Рекомендации:

1. Пресс-службе аэропорта Домодедово нужно увеличить частоту проведения различных PR-мероприятий особенно в январе, а также разнообразить их.

2. При написании PR-текстов нужно расширить палитру их жанров, не ограничиваться только пресс-релизами.

Список используемых источников:

1. Джагаева А.Г. Особенности работы пресс — службы в современном мире/ А.Г. Джагаева, Н.А. Милюдинова//Новая наука: Современное состояние и пути развития. — 2016. — № 11-3. — С. 127-128.

2. Официальный сайт аэропорта Домодедово. Режим доступа: [www.dme.ru](http://www.dme.ru). Дата обращения: 05.01.23

3. Саврилова Н.С., Барделева П.М. Технология создания инфоповода в контексте новостных блоков // Современные СМИ в контексте информационных технологий. СПб.: Высшая школа печати и медиатехнологий Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. С.128-130.

4. Сулова О. О. Организация работы современной пресс-службы // Наука, образование и культура. — 2016. №5 (8). — С. 42.

## Особенности взаимодействия со СМИ в деятельности

### ПАО «Авиакомпания «ЮТэйр»

Меньщикова Е.В., Столяров Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваха Хуршуд  
МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена необходимостью постоянного взаимодействия со СМИ любой организации, особенно авиационных компаний, так как пассажирские воздушные перевозки — это специфическая сфера деятельности, в которой возможно возникновение непредвиденных ситуаций. Освещение деятельности авиакомпании через средства массовой коммуникации позволяет повысить уровень доверия целевой аудитории к авиаперевозкам и к компании в частности, а также привлечь внимание государства в лице спонсора и крупного заказчика.

Цель работы — анализ PR-деятельности организации ПАО «Авиакомпания «ЮТэйр» в информационном пространстве.

Обзор. Особенности взаимодействия со СМИ рассматриваются в пособиях и статьях российских специалистов. В основах исследования лежат научные труды Захаровой Е.С., Зыбкина В.Г., Шаркова Ф.И., Вылегжанина Д.А.

Новизна исследования заключается в том, что ранее взаимодействие ПАО «Авиакомпания «ЮТэйр» со средствами массовой информации не рассматривались, также недостаточно изучено влияние на целевую аудиторию информационных сообщений о деятельности авиакомпании, тиражируемых через коммуникативные каналы пресс-службы.

Исследование. ПАО «Авиакомпания «ЮТэйр» для поддержания связей с общественностью и освещения своей деятельности работает с несколькими печатными изданиями и редакциями в Интернете: газетой «Тюменская правда» и цифровой редакцией «Тюмень онлайн.ru». Публикации носят информационный характер с элементами PR: «Россия отметила день гражданской авиации», «Надёжные крылья Тюмени» и тд. Целевой аудиторией сообщений являются жители региона. Статьи нацелены на удержание авиакомпании в фокусе внимания аудитории и формирование доброжелательного отношения к себе.

Для поддержания эффективных взаимоотношений с клиентами и упрощения процесса покупки билетов организация запустила собственное приложение «UTair», в приложении имеется персональная накопительная карта, спецпредложения и оплата услуг милями, которые имеют особый спрос среди часто летающих пассажиров.

Официальный сайт «ЮТэйр» активно ведет блоги о полетах, статьи о наиболее комфортных местах на борту, дает полезные советы до, во время и после перелета. В совокупности такая клиентоориентированность повышает степень доверия к авиакомпании.

На зарубежной платформе «Youtube» авиакомпания в течение 5 лет развивает свой канал под названием «UTair», где публикуются материалы в формате видео для освещения активной деятельности компании и постоянного присутствия в коммуникативной среде своей целевой аудитории. Для продвижения «ЮТэйр» использовала таргетинг по интересам и доходам. Зрители увидели короткие версии по 30 секунд с ссылками на полные мини-фильмы. Пользователи «Youtube» посмотрели полные версии роликов «В деревню», «В родной город» и «В столицу» более 1,4 млн раз.

Бортовой журнал «Уютное небо» авиакомпании «ЮТэйр», тиражирующийся в количестве 70 тыс. экземпляров, охватывает более восьми миллионов пассажиров в год. В журнале печатается полезная информация о местах и событиях, которые происходят в городах, куда совершаются рейсы авиакомпании, исторические заметки, интервью с путешественниками, а также развороты кулинарных изысков.

«ЮТэйр» не отстает от тенденций и развивает свое сообщество в социальных сетях на российских платформах «Telegram» и «ВКонтакте», тем самым охватывая более молодую аудиторию, позиционируя себя как успешную компанию, которой важен каждый клиент. Количество подписчиков составляет около 6 тыс. и 77 тыс. соответственно. В блогах

публикуется информация о достижениях компании, новости, проводятся конкурсы с подарками.

Выводы:

1. ПАО «Авиакомпания «ЮТэйр» активно взаимодействует со средствами массовой коммуникации.

2. Организация влияет на формирование положительных отношений с целевыми аудиториями, представителями СМИ.

3. На региональном уровне авиакомпания имеет положительный и узнаваемый имидж, вследствие чего сохраняется высокая степень доверия со стороны клиентов.

Рекомендации:

1. Расширить жанровую палитру сообщений для средств массовой информации, например жанр сторителлинг: людям всегда интересны истории других людей. И журналистика через истории способна поднимать самые сложные темы, придавать им человеческое лицо и добиваться внимания аудитории к ним.

2. Расширить формат взаимодействия со средствами массовой информации: создание различных информационных поводов и материалов для СМИ, организация и проведение различных мероприятий для журналистов и вместе с ними.

Список используемых источников:

1. Вылегжанин Д.А. Теория и практика паблик рилейшнз / Д.А. Вылегжанин. — М.: Ф, 2019. — 371 с.

2. Захарова С.Е., Засыкин В.Г. Психология авиакосмического PR-а — новое направление психологии «паблик рилейшнз» // Интернет-журнал «Мир науки», 2018 №1, [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://mir-nauki.com/PDF/11PSMN118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. Дата обращения: 15.02.2023

3. Шарков Ф.И. Интегрированные коммуникации: реклама, паблик рилейшнз, брендинг / Ф.И. Шарков. — М.: Дашков и К°, 2020. — 322 с.

4. Официальный сайт «ЮТэйр». [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.utair.ru/> Дата обращения: 15.02.2023.

## **Специальные акции Международного аэропорта «Шереметьево» как способ создания информационных поводов**

Михеева Т.В.

Научный руководитель — доцент, д.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время многие компании стремятся занять место в медиaprостранстве. Их пресс-службам необходимо увеличивать количество положительных публикаций, ведь они помогают поддерживать и гармонизировать хорошие отношения с аудиторией как внутренней, так и внешней, позволяют создавать положительный образ в сознании общественности, способствуют повышению узнаваемости бренда.

Актуальность работы заключается в том, что современные пресс-службы должны обеспечивать СМИ бесперебойной позитивной информацией об организации. Для этого специалисты по связям с общественностью создают собственные информационные поводы и активно применяют технологию событийной коммуникации.

Новизна. Автором впервые была предпринята попытка проанализировать специальные акции аэропорта за период с 2018 по 2022 гг.

Основными источниками стали исследования Андреевой Е.А. [1], Чумикова А.Н. и Бочаров М.П. [3], а также официальный сайт аэропорта «Шереметьево» [2].

Цель работы. Определить тематику специальных акций, организованных пресс-центром «Международного аэропорта «Шереметьево».

Исследование. В ходе исследования были изучены специальные акции, проходившие на территории «Международного аэропорта «Шереметьево» за период 2018-2022 гг. Для этого был проведен мониторинг пресс-релизов, размещенных на официальном сайте аэропорта.

Так, оказалось, что в 2018 году было проведено 26 специальных акций, в 2019 — 21, в 2020 — 21, в 2021 — 26, а в 2022 — 9. Стоит отметить, что в 2020 и 2021 гг. некоторые специальные акции проходили в формате онлайн.

В ходе исследования было выявлено, что пресс-центром «Международного аэропорта «Шереметьево» организуются и проводятся специальные акции разной тематической направленности, а именно:

1. Пассажиороrientированные мероприятия;
2. Торжественные встречи;
3. Церемонии открытия;
4. Церемонии награждения;
5. Организация фотовыставок и локаций для музейных экспонатов;
6. Празднование традиционных календарных дат.

К ежегодным акциям относятся такие, как:

1. «День пассажира» и «День маленького пассажира». Их главной отличительной особенностью является ориентация на пассажиров аэропорта «Шереметьево».
2. Встречи инаугурационных рейсов.
3. Встречи школьников, прибывших на кремлёвскую ёлку.
4. Церемонии награждения победителей конкурса «Лучший по профессии», программы «Секретный пассажир» и уникальной премии «Sheremedia».

Особого внимания за указанный период заслуживает торжественная встреча официального Кубка Чемпионата мира по футболу FIFA в 2018 г.

Пресс-центром «Международного аэропорта «Шереметьево» часто проводятся церемонии открытия, которые посвящены вводу в эксплуатацию новых объектов инфраструктуры аэропорта.

Стоит отметить, что проведение специальных акции разной тематической направленности позволяет привлечь внимание общественности: представителей разных средств массовой информации, блогеров, просто заинтересованной публики.

Таким образом, в настоящее время пресс-службам организаций важно выстраивать и поддерживать долгосрочные отношения со СМИ с помощью различных инструментов, в том числе таких, как создание собственных информационных поводов и применение технологий событийной коммуникации.

Аэропорт «Шереметьево» часто организует и проводит специальные акции как в очном, так и в онлайн форматах. Их главными темами являются пассажиороrientированные мероприятия; торжественные встречи; церемонии открытия и награждения; фотовыставки и локации для музейных экспонатов; празднование традиционных календарных дат. Некоторые мероприятия проводятся ежегодно.

На основе полученных данных были подготовлены рекомендации по повышению эффективности использования специальных акций для создания информационных поводов аэропорта. Так, на наш взгляд, пресс-центру «Международного аэропорта «Шереметьево» следует:

1. Совмещать проведение церемоний открытия и награждения в очном и дистанционном форматах;
2. Разносить по времени проведение фотовыставок;
3. Определить конкретный период проведения премии «Sheremedia»;
4. Обеспечить проведение дополнительных специальных акций в последний летний месяц — август.

Список используемых источников:

1. Андреева Е.А. Специальные события как важнейший инструмент рекламной кампании современного торгового предприятия // «Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития». — 2014. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <https://science.vvsu.ru/files/D5EBE766-EB0C-4108-B13D-23F57D635796> (дата обращения: 22.01.2023)

2. Официальный сайт Международного аэропорта Шереметьево. Режим доступа: <https://www.svo.aero/ru/main> (дата обращения: 24.01.2023)

3. Чумиков А.Н., Бочаров М.П. Связи с общественностью: теория и практика. [Текст]. М.: Дело, 2014.

## **Использование рекламных и PR-инструментов в работе авиакомпании «S7 Airlines»**

Мушта Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.  
МАИ, Москва

Актуальность. Реклама и связи с общественностью давно стали неотъемлемой частью нашей жизни. Ни одна компания на рынке не сможет обойтись без использования рекламных и PR-инструментов в своей работе. Авиакомпания «S7 Airlines» занимает 16 место в мировом рейтинге. Для поддержания заинтересованности целевой аудитории, авиакомпании необходимо взаимодействовать с общественностью в цифровом пространстве в круглосуточном режиме, используя средства рекламы и PR.

Цель работы — проанализировать рекламные и PR-инструменты, использованные авиакомпанией за январь-декабрь 2022 года.

Обзор. Исследованием инструментов рекламы и PR современной организации занимались Джагаева А.Г. [1], Ворошилов В.В. [2], Савченко Е. А. и Макарова, Т. П. [3].

Новизна. Автором впервые была предпринята попытка изучения использования инструментов рекламы и PR авиакомпании «S7 Airlines» за указанный период.

Исследование. Во время проведения исследования были рассмотрены публикации, размещенные на официальном сайте авиакомпании «S7 Airlines» в разделе «Новости S7 Airlines», а также новости на странице авиакомпании на канале Telegram. Автор проанализировал фирменный стиль авиакомпании, рекламу на воздушных судах и программу лояльности.

Оказалось, что пресс-службой авиакомпании за указанной период на официальном сайте было опубликовано 28 пресс-релизов: январь — 1, февраль — 4, март — не публиковались, апрель — 2, май — 2, июнь — 4, июль — 5, август — 4, сентябрь — 2, октябрь — 2, ноябрь — 2, декабрь — 1. PR-тексты были посвящены специальным акциям и проектам, проводимыми авиакомпанией; достижениям и нововведениям организации.

На странице Telegram «S7 Newsroom» было опубликовано 59 сообщений: январь — 6, февраль — 12, март — 4, апрель — 2, май — 3, июнь — 5, июль — 7, август — 3, сентябрь — 5, октябрь — 4, ноябрь — 4, декабрь — 4. Сообщения были посвящены таким темам, как: новости авиакомпании; специальные акции и проекты; рекламные кампании; достижения и нововведения в работе организации.

Мониторинг публикаций показал, что авиакомпания «S7 Airlines» поддерживает себя в медийном пространстве и распространяет среди своей целевой аудитории важную информацию обо всех новостях, связанных с ее деятельностью. Почти все публикации были сопровождаемы фотографиями и ссылками на основной источник.

Реклама, проводимая авиакомпанией, посвящена либо спонсорству и благотворительности, либо направлена на привлечение клиентов, которые хотят путешествовать по России. Так, например, слоган авиакомпании «Мы — Сибирь» несёт определённый посыл для аудитории: компании небезразлична проблема вырубки лесов сибирского региона. Среди рекламных проектов 2022 года следует отметить такие, как: «Мы — Сибирь», «Говори со мной», «GirlPower», «Компас».

Изучив фирменный стиль авиакомпании, а именно основной цвет — салатовый, можно прийти к выводу, что вся цветовая гамма олицетворяет природу, здоровье и саму жизнь, он успокаивает и внушает доверие. Официальный сайт, самолёты, форма бортпроводников, печатные билеты и многие другие элементы имеют зеленые оттенки. Они очень заметны для окружающих и выделяют самолёты авиакомпании на фоне других.

В программе лояльности, которая называется «S7 Priority», с середины 2022 года появились льготы для студентов, многодетных семей, маленьких детей и врачей.

Для подтверждения эффективности использования рекламных и PR-инструментов авиакомпанией S7 был проведен опрос «Оценка контента сайта авиакомпании S7 и страницы в Telegram». Опрос был проведён 13 января 2023 года; количество респондентов составило 64 человека, среди которых были мужчины и женщины в возрасте от 18 до 22 лет, активно пользующиеся услугами российских и зарубежных авиакомпаний; количество заданных вопросов — 10. Результаты опроса показали, что 78,1% из 64 респондентов отдают предпочтение S7. 81,3 % ответили, что сайт и страница S7 в Telegram удобны в использовании, привлекательны по форме и содержанию, контент часто обновляется.

Выводы:

1. Авиакомпания S7 для своего продвижения использует такие рекламные и PR-инструменты, как: официальный сайт, страница в социальной сети Telegram, реклама, фирменный стиль, программа лояльности, рассчитанная на разные категории пассажиров.

2. Использование приведенных инструментов рекламы и PR в работе авиакомпании обеспечивает приращение ее публичного капитала и привлечению потенциальных клиентов.

Рекомендации:

1. Авиакомпании S7 нужно публиковать часть новостей с официального сайта раздела «S7 Blog» на своей странице в Telegram и Вконтакте.

2. Следует возобновить публикацию роликов на видеохолдингах, так как последний был опубликован лишь в 2019 году.

Список используемых источников:

1. Джагаева А. Г. Особенности работы пресс — службы в современном мире [Текст] / А.Г. Джагаева, Н. А. Миловидова // Новая наука: Современное состояние и пути развития. — 2016. — № 11-3. — С. 127-128.

2. Ворошилов В. В. Современная пресс-служба [Текст]: Учебник / В.В. Ворошилов. — М.: «КноРус», 2021. — С. 220-223.

3. Савченко Е. А., Макарова, Т. П. PR и PR-технологии: сущность, цели, задачи, функции [Текст] // Образование. Наука. Научные кадры. — 2019. — №3. — С. 178-180.

## **Значимость социологической диагностики организации для PR-сопровождения авиационной компании**

Последова А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.соц.н. Назарова Е.А.

МГИМО, Москва

В динамичном мире авиационные компании находятся в перманентном поиске новых путей информационной адаптации, дополнительных актуальных конкурентных преимуществ. Одним из инструментов, способных стать катализатором совершенствования PR-деятельности компании является социологическая диагностика организации. Она служит не только необходимой информационной базой для принятия управленческих решений, но и позволяет выявить инновационный потенциал предприятия, выйти на препятствующую развитию корневую проблему. Для PR-сопровождения организационная диагностика — инструмент, определяющий вектор коммуникативной деятельности.

Обычно при социологической диагностике рассматривают историю компании, её миссию и цели, организационную структуру, социальные ресурсы, корпоративную культуру и уровень её инновационности, риски и опасности, а также проблемы и патологии. Каждый из этапов данного анализа организации делает вклад в информационную основу реализации PR-сопровождения.

Для примера проведения социологической диагностики, результаты которой способны оказать прямое влияние на PR-деятельность компании сферы воздушных перевозок, была выбрана ОАО АК «Уральские авиалинии». История авиакомпании берёт начало в 1943 году,

с момента формирования Свердловского объединённого авиационного отряда на базе аэропорта Кольцово г. Свердловска (сейчас — г. Екатеринбург). В декабре 1993 года произошло разделение отряда на аэропорт и авиакомпанию «Уральские авиалинии». Именно тогда стал формироваться и бренд компании. Долгое время компания эксплуатировала воздушный флот, состоящий из отечественных самолетов Ан-24, Ту-134, Ту-156 и Ил-86, а в 2006 году, развивая авиационно-техническую базу, заменила их на самолёты Airbus A320. Компания одной из первых внедрила новые информационные технологии, включая электронный билет, веб-бронирование и регистрацию на рейсы. Эти нововведения в оптимизации процессов позволили выделить новое конкурентное преимущество.

Структуру управления организации можно определить как линейно-функциональную, управление выстраивается за счёт вертикальных связей. Компания находится на этапе расцвета в контексте своего жизненного цикла. Для «Уральских авиалиний» характерна целеустремлённость с реактивным стилем и плановым методом управления, ценятся профессионализм и качество работы, что часто на практике отмечается в публикациях компании в социальных сетях. Заметна стадия инноватики — «Уральские авиалинии» часто обращаются к новым технологиям для обеспечения современной материально-ресурсной базы, что усиливает репутационные позиции среди потенциальных сотрудников. На укрепление репутации надёжного работодателя влияет и факт присутствия бренда на рынке более 28 лет, что более чем в два раза превышает срок существования компаний в отрасли воздушных пассажирских перевозок, подчиняющимся расписанию, в России в среднем.

Корпоративная культура «Уральских авиалиний» достаточно сильная. Она основана на ролевой модели; всё подчинено единым правилам и стандартам с контролем руководства. У компании сформированы ценности, правила и нормы, система поощрения сотрудников (премии, льготы), оформлен корпоративный стиль, организация и стиль работы с пассажирами и сотрудниками. Авиакомпания реализует социальную программу, совместные проекты с банками, отелями, способствуя увеличению узнаваемости компании на рынке и получению дополнительного дохода в виде денежных и имиджевых активов.

Полезным инструментом при социологической диагностике выступает SWOT-анализ, выявляющий сильные и слабые стороны, возможности и угрозы компании. Так, например, для рассматриваемой организации значимой сильной стороной, активно используемой в PR-сопровождении, выступает безопасность полётов. Среди слабых сторон заметно частое нарушение перевозчиком договорных обязательств (задержки рейсов), среди угроз — уменьшение работоспособной техники и возможный отказ от используемого воздушного парка, а среди возможностей — переход на самолёты отечественного производства в будущем. Патологией компании видится рассеивание целей: в целях организации описано множество разных направлений, затрудняющее движение по единой траектории.

Социологическая диагностика организации играет большую роль в определении содержательной части PR-сопровождения на предприятии. Для создания новых опорных точек развития PR-сопровождения «Уральских авиалиний» за счёт проведённой социологической диагностики было предложено сфокусироваться на освещении решения актуальных проблем и внедряемых инноваций, делать упор на интересную историю компании, формулировать более чёткие цели.

Список используемых источников:

1. Контрагент «Уральские авиалинии» [Электронный ресурс] // Аудиторская фирма «Авдеев и Ко»: аудиторские и бухгалтерские услуги, 1999-2023. — Режим доступа: [https://www.audit-it.ru/contragent/1026605388490\\_oao-ak-uralskie-avialinii](https://www.audit-it.ru/contragent/1026605388490_oao-ak-uralskie-avialinii) (дата обращения 02.03.2023)
2. Официальный сайт авиакомпании «Уральские авиалинии» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.uralairlines.ru/> (дата обращения 02.03.2023)
3. Пригожин А. И. Методы развития организаций. — М.: МЦФЭР, 2003. — 864 с.

## **Особенности взаимодействия пресс-службы аэропорта «Домодедово» со средствами массовой коммуникации**

Рощина П.И., Шарафиева Л.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность данной работы заключается в том, что за последние годы роль пресс-службы заметно повысилась. На сегодня самым мощным инструментом для решения большинства задач и вопросов является информация. Грамотный подход к ее использованию помогает организациям достигать многих целей, становится более успешными и увеличивать количество лояльных потребителей.

Становление пресс-служб в России или отделов, выполняющих их функции, начинается в конце 80-х годов прошлого столетия. Эта сфера начала развиваться намного позже, чем на западе. Сегодня пресс-служба становится неотъемлемой частью коммуникационной деятельности учреждений в различной сфере деятельности. В связи с чем, изучение взаимодействия пресс-служб аэропортов, и в частности аэропорта «Домодедово», со средствами массовой коммуникации в сложившихся непростых условиях осуществления своей деятельности представляется актуальным.

Цели работы — проанализировать PR-материалы аэропорта «Домодедово», оценить эффективность взаимодействия пресс-службы аэропорта со средствами массовой коммуникации.

Обзор литературы. В работе использованы научные труды и исследования как российских, так и зарубежных специалистов. Наиболее объективное и полное представление о работе пресс-служб, их функциях и задачах были встречены в работах Ворошилова В.В., Кочетковой А.В., Потапова Ю. А. Результаты их исследований послужили теоретической базой данной исследовательской работы.

Новизна исследования состоит в том, что в работе пресс-службы аэропорта «Домодедово» в системе взаимодействия со средствами массовой коммуникации, используются различные каналы распространения информации. В научных трудах исследователей этому вопросу уделено недостаточно внимания. В рамках настоящего исследования авторы уделили особое внимание анализу публикаций, распространяемых пресс-службой аэропорта.

Исследование. В ходе работы, авторы провели социологическое исследование, которое заключалось в определении эффективности работы пресс-службы аэропорта «Домодедово» по тиражированию информации о своей деятельности. Для анализа авторами был выбран метод анонимного опроса. В анкету входило 8 вопросов. В опросе участвовали мужчины и женщины 20-50 лет, которые имеют отношение к авиационной сфере. Целью каждого вопроса было выявление осведомленности респондентов о деятельности аэропорта «Домодедово». Также для исследования были выбраны два новостных повода, о которых могли слышать респонденты, с их помощью авторам была предоставлена возможность проанализировать осведомленность целевой аудитории.

В результате были получены статистические данные, по которым можно сделать выводы о том, насколько эффективно взаимодействие пресс-службы аэропорта «Домодедово» и средств массовой коммуникации.

В ходе опроса было выявлено то, что 77% респондентов получают

информацию об аэропорте «Домодедово» из интернета (57% — из социальных сетей).

Исследование показало, что 100% респондентов не подписаны на аккаунты в социальных сетях аэропорта «Домодедово».

При исследовании было выявлено то, что тон большинства публикаций, которые читали респонденты, был негативный.

При ответе на заключающий вопрос об уровне осведомленности было авторами выявлено то, что 50% респондентов не обладали достаточным количеством информации об аэропорте «Домодедово», что и явилось показателем неосведомленности целевой аудитории.

Выводы.

1. В ходе исследования была выявлена недостаточная осведомленность о деятельности аэропорта «Домодедово», поскольку большая часть опрошенной аудитории не интересовалась публикациями на официальном сайте организации.

2. Было выяснено то, что низкая осведомленность респондентов ведет к негативной оценке работы базисного субъекта PR.

3. Социологическое исследование показало то, что язык публикаций, тиражируемых пресс-службой через средства массовой коммуникации, недостаточно живой, суховат.

Рекомендации:

Уведомлять о наличии социальных сетей аэропорта «Домодедово» с целью привлечения целевой аудитории.

Использовать интерактивное взаимодействие, конкурсы для привлечения аудитории на каналы аэропорта для дальнейшего повышения осведомленности.

Для повышения публичного капитала аэропорта «Домодедово» использовать различные техники для его роста, такие как: приобщение к общепринятым авторитетам, демонстрация доверительных отношений с авторитетными людьми или организациями и др.

Привлекать больше представителей средств массовой коммуникации, выстраивать с ними доверительные отношения с целью увеличения осведомленности целевой аудитории.

Создавать больше новостных поводов необходимых для создания положительного образа организации, с целью привлечения внимания средств массовой коммуникации.

Список используемых источников:

Источники:

1. Кочеткова А.В. Современная пресс-служба / А.В. Кочеткова, А.С. Тарасов. — М.: Эксмо, 2009. — 272 с.

2. Потапов, Ю. А. Современная пресс-служба : учебник для вузов / Ю. А. Потапов, О. В. Тепляков. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2023.

3. Ворошилов В.В. Современная пресс-служба. Учебник [Текст]. М.: КноРус, 2019. 222 с.

## **Использование сайта как коммуникативного инструмента для развития имиджа авиакомпании «Победа»**

Сорокина Н.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность объясняется олигополистической конкуренцией на рынке пассажирских авиаперевозок; высоким значением имиджа организации при выборе перевозчика клиентами, которые активно используют интернет-сайт как средство коммуникации.

Цель исследования — изучить использование сайта авиакомпании «Победа», как коммуникативного инструмента развития имиджа.

Обзор литературы. Проблема развития имиджа активно изучается в научной и практической литературе, среди публикаций выделим работы Ю.А. Мальцевой, И.В. Когляревской, В.А. Багинской, Т.С. Мауриной, Е.Д. Воронцовой. Но тема использования сайта, как коммуникативного интернет-инструмента для развития имиджа авиакомпании «Победа» требует дополнительного изучения.

Новизна. Анализ меняющихся технологий создания сайта авиакомпании «Победа», подходов к его использованию, как инструмента развития имиджа подчеркивают новизну исследования. Было проведено исследование восприятия сайта авиакомпании «Победа» среди студентов МАИ, как представителей целевой аудитории фирмы, и определена его роль в развитии имиджа.

Исследование. В работе были проанализированы структурные элементы формирования имиджа, путем использования коммуникативных инструментов на сайте. Было выявлено, что в 2021 году «Победа» обновила визуальные коммуникации, были внесены изменения в логотип, выбрана новая шрифтовая гарнитура, расширена палитра цветов.

Авиакомпания большое внимание уделила такому коммуникативному инструменту, как дизайн сайта. «Победа» структурировала информацию, поделила ее на разделы. Так на сайте появились следующие разделы: «новости», «блог», «обратная связь», «вопросы-ответы». Авиакомпания на сайте использует мини-иллюстрации, они оживляют диалог, позволяет превратить сухое изложение правил в приветливые напоминания, в отличие от мелкого текста, изображение сразу бросается в глаза. Средства дизайна располагают значительным потенциалом для формирования положительного имиджа, новый дизайн формирует имидж молодой, развивающейся и динамичной компании.

Также авиакомпания «Победа» изменила свой логотип, как важнейший коммуникативный инструмент формирования и развития имиджа. Его сделали более читабельным, сбалансированным и удобным в использовании. Логотип выполнен в фирменном цвете компании — голубом. Цвет несет символическую функцию, и является важным коммуникативным инструментом, так как воздействует на психику человека. С помощью выбранного цвета фирма хочет, чтобы авиакомпания, и ее имидж, ассоциировалась с безмятежностью, спокойствием, и стабильностью. В логотипе можно заметить три точки, они являются метафорой диалога. Такие точки люди привыкли видеть в мессенджерах, когда собеседник набирает сообщений, таким образом, компания хотела подчеркнуть, что организация открыта к диалогу и напрямую общается с клиентом, включая эти положения в конструируемый образ компании в сознании потребителя (имидж).

Для оценки эффективности использования сайта, как коммуникативного интернет-инструмента продвижения имиджа авиакомпании «Победа» среди студентов МАИ, как представителей молодежи заинтересованных в услугах лоукостера, был проведен опрос, который показал, что 82% респондентов считают сайт удобным в использовании; 94% опрошиваемых отмечают, что для них важны такие разделы, как «обратная связь» и «вопрос-ответ»; помимо этого, 95% студентов нравится обновленный дизайн сайта.

После внесенных изменений официальный сайт стал визуально приятнее, актуальнее, удобнее в использовании. Нововведения на сайте помогут пассажирам быстрее покупать билеты, находить нужную информацию, легче ориентироваться в правилах; помогут компании обратить внимание клиентов на важные моменты и снизить количество ошибок из-за невнимательности. Сайт формирует образ открытой организации, которая стремится помочь получить нужную информацию, а сотрудники компании помогут решить любые возникающие проблемы клиента.

Вывод и рекомендации.

1. Авиакомпания «Победа» успешно использует официальный сайт как виртуальный круглосуточный офис и эффективный коммуникативный интернет-инструмент для взаимодействия с целевой аудиторией, который создает имидж современной, открытой, надежной и стабильной компании.

2. Авиакомпания «Победа» следует отслеживать современную динамику, и продолжить работу по наполнению сайта актуальной и полезной информацией, а также сохранить и повысить уровень обратной связи с целевыми аудиториями.

Список используемых источников:

1. Мальцева Ю.А. Коммуникационные инструменты маркетинга в интернетпространстве: монография / Ю.А. Мальцева, И.В. Котляревская, В.А. Багинская; [под общ. ред. канд. филос. наук, доц. Ю.А. Мальцевой]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 73 с.

2. Воронцова Е.Д., Маурина Т.С. Особенности формирования имиджа российских авиационных компаний / Т.С. Маурина, Е.Д. Воронцова // Авиация и космонавтика. — 2020. — № 19 — С. 895-896

3. Авиакомпания «Победа»: официальный сайт — URL: <https://www.pobeda.aero/> (дата обращения: 19.01.2023).

## **Организация путешествий как PR-инструмент взаимодействия с клиентами авиакомпании S7 Airlines**

Тюленева А.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваха Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. В сфере организации путешествий в последнее время возросла необходимость применения PR-инструментов, так как они оказывают наибольшее влияние на потенциального клиента. Исследование и оценка эффективности применения PR-инструментов для создания и закрепления положительного имиджа авиакомпании в сложных условиях пассажироперевозок представляется актуальным и своевременным.

Новизна. Тема организации путешествий как PR-инструмента взаимодействия с клиентами авиакомпаний в целом не изучена. Отдельные исследования направлены на анализ использования PR-инструментов, однако особенность организации путешествий как способа взаимодействия с клиентами авиакомпании S7 Airlines ранее широко не исследовалась.

Целью исследования является изучение организации путешествий как инструмент PR-взаимодействия с клиентами авиакомпании S7 Airlines.

Обзор. Российские авторы Шуравин Н., Коноваленко В.А., Швед Н.Г. в своих научных трудах «Как работает имиджевая реклама», «Реклама и связи с общественностью: введение в специальность», «Туризм и PR как способ формирования имиджа» рассматривают взаимодействие с целевой аудиторией как PR-инструмент. Эти труды представляют наибольший интерес для данной работы.

Исследование. С целью изучения организации путешествий, как инструмента PR-взаимодействия с клиентами авиакомпании S7 Airlines, было проведено исследование блога авиакомпании «Новогодние маршруты по-нашему».

С наступлением праздников авиакомпании организуют для своих клиентов разнообразные скидки и акции. Выше названная статья написана простым языком и раскрывает читателю все прелести отдаленных городов нашей страны для того, чтобы пользователь загорелся посетить все эти места и приобрел билет у авиоперевозчика S7 Airlines. После каждой мини-статьи о новогоднем городе, внизу, можно увидеть ссылку «Купить билет в...», после перехода по ссылке открывается сайт с подбором рейсов, возможностью забронировать номер в отеле и быть максимально уверенным в своей поездке. Авиакомпания максимально облегчает организацию путешествий клиентам.

В данном примере организация путешествия является инструментом PR-взаимодействия с клиентами авиакомпании S7. Целевой аудиторией являются граждане всех полов с 18 лет. Цели и задачи: привлечение внимания широких масс, жителей России к путешествию в Новый год в города нашей страны именно с авиакомпанией S7 Airlines; популяризация авиакомпании S7 с помощью организации путешествия; приближение целевой аудитории к туризму внутри России.

Новогодний проект про теплые воспоминания о путешествиях. После нового года, чтобы не упустить своих клиентов, авиакомпания на своем сайте запустила проект «Расскажи о том, как ты провел новый год». Таким образом идет постоянное взаимодействие с клиентами, клиенты не забывают о S7 Airlines.

**Выводы.**

1. Public Relations является мощным средством, которое может определить успех организации, улучшить имидж и доверие к ней, создать новый рынок, помочь в борьбе с конкурентами, представить новый продукт на рынке, проявить лояльность к торговой марке, улучшить эффективность других элементов коммуникации.

2. S7 Airlines старается сохранить своих клиентов, поддерживать с ними взаимоотношения через такой PR-инструмент как блог.

3. Авиакомпания S7 Airlines, облегчая поиск путешествий и возможности комфортного отдыха для своих клиентов, одновременно продвигает свой имидж как лояльной, заинтересованной в своем клиенте компании.

4. Результат исследования показал, что клиенты авиакомпании знают, она в их сознании ассоциируется как клиентоориентированная, заинтересованная в своих пассажирах, создающая для них комфортные условия не только перелетов, но и отдыха.

5. Организация путешествий — это один из способов PR-взаимодействия авиакомпании S7 Airlines, который включает в себя одновременно поддержание развития имиджа и бизнеса, и социальную ответственность.

Рекомендации по улучшению организации путешествий как PR-инструмента взаимодействия с клиентами авиакомпании S7:

1. Изучить общественное мнение, ожидание со стороны общественности об уже проведенных туристических акциях и предложениях с целью выявления положительных и отрицательных сторон данного предложения;

2. Регулярно обновлять блог под крупные праздники страны и публиковать отзывы и эмоции предыдущих пользователей предложения, так как блог плохо продает, он больше информационный;

3. Создать несколько ценовых категорий при покупке тура: низкого ценового сегмента, среднего и высокого, с целью повышения продаж среднего ценового сегмента, данный способ создаст мнимую конкуренцию и поспособствует большей выручке авиакомпании.

Список используемых источников:

1. Туризм и PR как способ формирования имиджа [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/reklama-kak-sposob-formirovaniya-imidzha-organizatsii> (дата обращения 14.02.2023)

2. Шуравин Н. Как работает имиджевая реклама [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://okocrm.com/blog/kak-rabotaet-imidzhevaya-reklama/> (дата обращения 14.02.2023)

3. Коноваленко В.А. Реклама и связи с общественностью: введение в специальность / В.А. Коноваленко, Н.Г. Швед. — М. Юрайт, 2020. — 383 с.

## **Веб-сайт как канал продвижения бренда Azur Air**

Файзуллаев Ш.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы: Веб-сайт сегодня является визитной карточкой организации и позволяет получить информацию об организации, что влияет на восприятие бренда и успех его продвижения на рынок.

Цель работы: изучение использования веб-сайта в коммуникативной деятельности авиакомпании Azur Air как канала продвижения бренда.

Степень разработанности темы: проблема влияния веб-сайта на эффективность продвижения бренда активно изучается в научной литературе. Можно отметить следующих авторов: Давыдова М.А., Кушвахва Х. Н., Тараненко А. В., Омельчук И.С. и др.

Новизна заключается в научно-практическом анализе веб-сайта авиакомпании Azur Air как средства продвижения ее бренда.

Исследование: Бренд — набор отличительных характеристик и ассоциаций, воспринимаемые потребителем и формирующие имидж товара или услуги.

Веб-сайт организации — это многофункциональная платформа, создающаяся как для информирования клиентов, так и для непосредственного преследования коммерческих целей.

Он выполняет следующие функции: визитная карточка компании, каталог продуктов и услуг, социальный корпоративный портал, средство обратной связи и т.д.

Авиакомпания Azur Air является немалым игроком на российском рынке, что во многом стало возможно в результате PR-деятельности организации, которая приветствует современный подход Интернет-коммуникаций. Веб-сайт авиакомпании [azurair.ru](http://azurair.ru) позволяет эффективно поддерживать отношения с аудиторией и продвигать бренд.

В ходе исследования установлено, что Azur Air, выполняя функцию каталога, под брендом авиакомпании предлагается выбрать питание, соответствующее здоровью и вкусам

потребителя. Тем самым, компания показывает современное ориентирование на клиентов с различными предпочтениями и ограничениями по здоровью. Это формирует у потребителя положительное отношение к бренду и позволяет авиакомпании ассоциироваться с заботой о своих клиентах и повышать лояльность.

В ходе исследования установлено, что сайт авиакомпании исполняет роль общественного корпоративного портала, на котором отражаются новости. В новостях всегда размещаются атрибуты бренда, его название, что позволяет наполнить товарный знак смысловым содержанием, транслируя философию бренда и успешно продвигая его на рынок. Такие релизы, как «Azur Air перевезла из международного аэропорта Внуково 6 миллионов пассажиров», «Azur Air ввела в эксплуатацию первый в России собственный пилотажный тренажер», «Azur Air в 2023 году планирует нарастить пассажиропоток на 10%» и др. способствуют формированию образа бренда в сознании общественности как крупную и постоянно развивающуюся организацию.

На сайте Azur Air существует сервис обратной связи, при помощи которого клиент может написать электронное письмо в поддержку по трем категориям обращения: общие вопросы, розыск багажа, отзывы и предложения. Средство обратной связи — одна из ключевых функций веб-сайта организации, позволяющая завоевать доверие клиента в кризисных ситуациях. Следовательно, удовлетворенная в своих обращениях аудитория может делиться благоприятным опытом с другими людьми, тем самым продвигая в сознание потребителя положительную репутацию бренда.

Выводы и рекомендации: 1) Веб-сайт Azur Air посредством своих функций позволяет продвигать на рынок бренд авиакомпании, подчеркивая в нем образ крупной и заботливой авиакомпании.

2) Сам сайт способствует формированию философии бренда, а наполненный смыслом бренд лучше продвигается на рынок.

3) На сегодняшний день веб-сайт Azur Air соответствует современному пониманию ведения деятельности, что позволяет авиакомпании выстраивать эффективные взаимоотношения с аудиторией, формируя репутацию и продвигая бренд. Azur Air, в свою очередь, нужно продолжать выкладывать новости, поддерживая имидж развивающейся авиакомпании, и адаптировать веб-сайт, упрощая различные процессы для посетителей.

Список используемых источников:

1. Давыдова М.А. Web-технологии в бизнесе [Электронный ресурс].// E-scio — 2018. №6(21) <https://cyberleninka.ru/article/n/web-tehnologii-v-biznese>

2. Кушваха, Х. Н., Тараненко А. В. Сайт как способ поддержания и развития имиджа Московского авиационного института [Текст].// Научно-практическая конференция в рамках «Недели науки» ФИЯ МАИ-НИУ, посвящённая 55-летию полёта Ю. Гагарина: сборник докладов, Москва, 07 апреля 2016 года. — Москва: Издательство «Перо», 2016. — С. 211-219.

3. Омельчук И.С. Эффективная PR-кампания: особенности формирования бренда [Электронный ресурс].// Ассоциация «Международная академия Коммуникологии» — 2020. №1 <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnaya-pr-kampaniya-osobennosti-formirovaniya-brenda>

## **Применение коммуникационных технологий для продвижения образовательных услуг направления инноватика**

Хатыпова К.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Давыдов А.Д.

МАИ, Москва

В настоящее время самым эффективным способом коммуникации с молодежной аудиторией является использование интернета и возможностей социальных сетей. По данным РБК, направления обучения, связанные с информационными технологиями, разработкой и внедрением инновационных технологий, робототехники, являются самыми востребованными, и имеют высокую конкуренцию среди российских ВУЗов. Для привлечения внимания конкретно к своему направлению у каждого университета стоит

задача — определить, какие каналы привлекут больше студентов и повысят популярность программы обучения, а также, какие каналы наиболее стабильны и какова вероятность их развития в ближайшее время.

Интернет и социальные сети необходимы ВУзам для наиболее эффективного обеспечения основного бизнес-процесса — ведения образовательной деятельности, так как данные каналы коммуникации предоставляют возможность наиболее широкого и доступного информирования общественности: родителей, студентов, абитуриентов, выпускников (учебный план, расписание, график проведения мероприятий (дней открытых дверей, научных конференций, семинаров с приглашенными спикерами), график подачи заявлений для абитуриентов), а также ресурс для взаимодействия (ответы на вопросы, объявления).

Для направления инноватика особенно важно присутствие во всех основных цифровых каналах коммуникации. То, как ведутся эти ресурсы, какую информацию они содержат и как выглядит интерфейс платформы, оказывает сильнейшее влияние на восприятие качества программы обучения у абитуриентов.

Базовой формой ведения PR-деятельности в сети Интернет является создание и поддержание веб-сайта, своеобразного представительства в сети. Собственный веб-сайт позволяет оптимизировать процесс взаимодействия и информационного обмена между университетами и аудиторией, что способствует значительной экономии денежных средств и времени.

Помимо основного веб-сайта направления, необходимо присутствие в наиболее популярных социальных сетях. Социальные сети — это канал номер один для онлайн-маркетинга высшего образования. Связь между университетами и социальными сетями кажется естественной в той степени, в какой абитуриенты и студенты, группа, которая формирует основное сообщество образовательных учреждений, являются пользователями этих платформ. Эти платформы открывают широкий спектр возможностей связи между высшими учебными заведениями и их внешней средой в глобальном масштабе. Используя социальные сети, колледжи и университеты могут, например, общаться с компаниями, корпорациями, неправительственными организациями (НПО), родителями и обществом в целом. На 2023 год наиболее прогрессирующими и доступными площадками являются: Вконтакте, Одноклассники, Телеграм и Ютуб.

Но помимо наличия собственных каналов коммуникации, необходимо их комплексное продвижение с помощью цифровых маркетинговых инструментов.

## **Экологическая деятельность как принцип устойчивого развития бренда международного аэропорта «Шереметьево»**

Хрущева А.П.

Научный руководитель — доцент, к. фил. н. Кушваха Х.Н.

МАИ, Дмитров

Актуальность работы связана с экологической ответственностью международных аэропортов. Экологические проблемы имеют большое влияние в современном мире, поскольку из-за них снижается качество жизни населения и нарушается структура и функционирование окружающей среды. В настоящее время международный аэропорт «Шереметьево» активно откликается на социальные проблемы, которые связаны с экологией. Аэропорт соблюдает нормы, установленные правительственными органами, а также находит пути решения, чтобы снизить пагубное влияние авиационного транспорта на окружающую среду.

Научная новизна данной работы заключается в анализе влияния экологической деятельности на поддержку и развитие бренда «Шереметьево» как социально ориентированной бизнес-структуры. Эффективность PR-коммуникаций аэропорта «Шереметьево», направленные на привлечение внимания общественности, бизнес-

партнеров, средств массовой коммуникации к проблеме сохранения окружающей среды, представляют особый интерес для дальнейшего исследования.

Обзор. Для изучения социальной и экологической ответственности Международного аэропорта «Шереметьево» были изучены труды Кохановой Л.А., Герасимова В.Е., Божук С.Г., а также публикации PR-специалистов, рассматривающих данную проблему.

Экологическая ответственность бизнеса — это подготовка мероприятий, которые направлены на охрану окружающей среды, и реализация экологических норм, которые снижают негативное воздействие хозяйственной деятельности компаний.

Исследование.

В рамках исследования деятельности Международного аэропорта «Шереметьево» в области экологии были проанализированы обобщенные показатели эффективности экологической деятельности акционерного общества «Международный аэропорт Шереметьево» за 2021 год и показатели эффективности деятельности АО «МАШ» за период 2020-2021 года.

Основными принципами реализации и проведения экологической политики аэропорта является следующее:

- Соблюдение законов о предоставлении прав человека на благоприятную среду и об обеспечении комфортных условий его жизнедеятельности,
- Охрана природных ресурсов и их рациональное использование,
- Проведение проверки мероприятий и проектов, обосновывающих хозяйственную деятельность, имеющую негативное воздействие на окружающую среду,
- Учёт природных ресурсов,
- Сохранение и охрана естественных экологических систем,
- Допустимость воздействия хозяйственной деятельности на природную среду,
- Обеспечение сокращение масштабов хозяйственной деятельности, влияющую негативно на окружающую среду, в соответствии с экологическими нормами,
- Соблюдение права человека на получение достоверной информации о состоянии природной среды,
- Формирование культуры бережного отношения к окружающей среде у персонала,
- Привлечение сотрудников компании к участию в добровольческой деятельности по сохранению окружающей среды.

По данным отчета о реализации программы экологической деятельности аэропорта объём выбросов веществ, загрязняющих атмосферный воздух, уменьшился на 36,1%, потребление воды на 33,9%, сброс веществ, загрязняющих водные объекты, на 23%, образования отходов на 39,3%, выработка тепловой энергии на 20,8%, потребление газа для котельных на 20,8%, электроэнергии на 26,5%, топлива для автотранспорта на 16,4%.

В результате проведенного социологического опроса выяснилось, что при всей активности выполнения экологической программы аэропорта, в информационном пространстве почти нет сообщений об этом. Было проведено анкетирование среди студентов 1-го курса МАИ. В нем приняли участие 48 человек. 100% респондентов знают бренд «Шереметьево», только 5 студентов (2,4%) слышали что-то об экологической программе аэропорта, но не могут назвать источника информации. Остальные 43 не осведомлены о такой работе аэропорта. Желание знать как именно аэропорт участвует в сохранении окружающей среды выразили 72 % опрошенных, или 34 человека.

Выводы.

1. Международный аэропорт «Шереметьево» активно занимается экологической деятельностью с целью сохранения окружающей среды и минимизации влияния на нее результатов основной деятельности.

2. Сообщений об этой стороне деятельности аэропорта в информационном пространстве, кроме ежегодных отчетов, размещаемых на официальном сайте, недостаточно.

Рекомендации.

В ходе исследования выяснилось, что информированность общественности об экологической деятельности аэропорта низкая. В связи с чем пресс-центру аэропорта

следует размещать больше публикаций в различных форматах и на различных интернет-площадках аэропорта и его партнеров.

Список используемых источников:

1. Коханова Л.А. Экологическая журналистика, PR и реклама/Коханова Л.А. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 379 с.
2. Герасимов В.Е. Экологический PR: от теории к практике. — М.: Изд-во «Городец», 2020. — 272 с.
3. Божук С. Г. Экологический маркетинг: учебное пособие /С. Г. Божук, К. В. Евдокимов, Н. В. Плетнева, В. И. Саморуков. — СПб: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ), 2018. — 140 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=491713> (дата обращения: 02.03.2023).

## **PR-сопровождение деятельности S7 Airlines в социальных сетях**

Яковлева С.А.

Научный руководитель — доцент, к.ю.н. Дубинина Н.М.

МАИ, Москва

Актуальность данной темы заключается в анализе перспективных методов ведения социальных сетей компаниями авиационной отрасли. Конкуренция в сфере гражданских авиаперевозок требует от авиакомпаний особого внимания к вопросам эффективного опреления каналов коммуникации с целевой аудиторией.

Цель. Проанализировать специфику коммуникативного PR-сопровождения деятельности S7 Airlines в социальных сетях.

Обзор научной литературы. Данной проблеме уделяется особое внимание в коммуникологии. Среди публикаций отметим работы В.В. Бубнова и Н.В. Яшмолкиной, Х.Н. Кушвахи и А.В. Тараненко.

Научная новизна. В ходе изучения деятельности S7 Airlines в социальных сетях рассмотрены новые подходы к PR-сопровождению.

Исследование. Обнаружены особенности digital-коммуникаций: возможность мгновенной передачи сообщения и обратной реакции, эффективность воздействия интерактивных методов интернет-коммуникации, удобство размещения информации, возможность определения конкретной аудитории.

PR-сопровождение — системное комплексное оказание коммуникационных услуг по средствам проведения взаимосвязанных мероприятий, направленное на развитие положительного имиджа, достижения поставленных целей в сфере связей с общественностью.

Проведем анализ PR-сопровождения деятельности авиакомпании S7 Airlines в социальных сетях.

Учитывая эффективность цифровых каналов коммуникации позиционирование компании нуждается в постоянном анализе факторов взаимодействия с контактными аудиториями, использование современных технологий воздействия в периоды кризисных ситуаций, что особенно важно для компаний авиационной отрасли.

Ребрендинг компании S7 Airlines способствовал улучшению позиций на рынке. Целью развития методов PR-сопровождения для авиакомпаний является получение глобальных конкурентных преимуществ.

Анализ социальных сетей компании показал, что авиакомпания S7 Airlines демонстрирует соответствующую актуальным запросам интернет-аудитории политику контроля эффективности онлайн-коммуникаций. Бренд активно присутствует во всех доступных социальных сетях, ранжирует контент между ними, создавая уникальные сообщения.

Следует отметить, что использование ряда социальных сетей способствует формированию различных представлений о бренде на основании характерных отличий в аудиториях таковых.

Авиакомпания S7 Airlines, как элемент имиджа, позиционирует свою стратегию и деятельность со стороны защиты окружающей среды. В рамках нового подхода к PR-сопровождению данной ценности, соответствующие идеи раскрываются в социальных сетях, предлагая экологичные виды туризма, объясняя как компания обеспечивает стандарт безопасности окружения. Исследование показало, что в рамках акции по восстановлению сибирского лесного массива авиакомпания выпустила череду сообщений в социальных сетях ВКонтакте, Одноклассники, а также мессенджере Telegram с целью привлечения внимания аудитории к ее спонсорской деятельности. Например, за период осени 2022 года природной повестке было посвящено 8 сообщений в Telegram.

Кроме того, миссия авиаперевозчика заключается в поддержании счастья и вдохновения клиентов, что напрямую связано с формированием доверия к компании. Анализ соответствующих коммуникативных приемов показал, что S7 Airlines в социальных сетях использует дружественную манеру общения, способствует постоянному взаимному контакту с целевой аудиторией.

Преимуществом использования PR-сопровождения в социальных сетях является интеграция различных видов коммуникаций с целевой аудиторией. Так, авиакомпания S7 Airlines привлекает к офлайн-мероприятиям потенциальных участников через соответствующее взаимодействие в социальных сетях.

Вывод и рекомендации. 1. PR-сопровождение деятельности авиакомпаний в социальных сетях является неотъемлемой частью современной организации связей с общественностью.

2. Специфика PR-деятельности S7 Airlines заключается в точном учете особенности представителей целевой аудитории организации в различных социальных сетях, адаптируя материалы под их запросы, формируя при этом единое представление об организации, которая эффективно удовлетворяет потребности индивидуальных клиентов, запросы общества в целом.

3. Введение хештегов, упрощающих поиск новостей.

4. Увеличение общего потока сообщений в социальных сетях.

Список используемых источников:

1. PR-инструменты взаимодействия с внешней средой при продвижении высокотехнологичной продукции на рынок / В.В. Бубнов, Н.В. Яшмолкина // Недели науки-2017 факультета ИЯ МАИ-НИУ : сборник докладов конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика В.П. Мишина. — Москва : Перо, 2017. — С. 148-154

2. Эффективность построения внутриорганизационных коммуникаций PR-инструментами в авиакомпаниях / Х.Н. Кушваха, А.В. Тараненко // Роль и место иностранных языков и связей с общественностью в развитии аэрокосмической сферы российской федерации : Сборник докладов VII Международной научной конференции ФИЯ МАИ (НИУ), посвященной 85-летию МАИ и Дню Космонавтики. — Москва : Перо, 2015. — С. 159-167

## **Секция №9.7 Международные проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности**

---

### **Будущее электротранспорта в Российской Федерации**

Алешинский Е.В., Дружинин Д.С.

Научный руководитель — Солодова А.Д.

МАИ, Москва

В 2007 году в Москве началась опытная эксплуатация электроавтомобилей, в ней принимали участие 8 малотоннажных грузовиков и 2 автобуса. По итогам Департамент транспорта предоставил проект по использованию электрокаров: грузовых и пассажирских перевозок. На данный момент правительство Москвы активно внедряет и использует электроавтомобили для города. Самым ярким примером может являться электробус. Их успешный запуск был в 2019 году. Первый маршрут был 73 — от ВДНХ до Алтуфьевского шоссе. На данный момент в Москве порядка 1000 электробусов.

В октябре 2011 года в России стартовали продажи первого электрического автомобиля — Mitsubishi i-MiEV. За первый квартал был продан 41 электрокар. На данный момент в России зарегистрировано 10 863 электроавтомобилей. От общего числа автомобилей это составляет 0,03%.

Самым популярным электромобилем является Nissan Leaf. Самым дорогим — Tesla Model S, а самым дешевым — Mitsubishi i-MiEV

Спорным вопросом является экологичность электрокаров. Современные электромобили имеют Li-ion батареи. При создании и утилизации электромобилей в атмосферу выбрасывается на 32% больше углекислого газа, чем от производства авто с ДВС. Но во время эксплуатации негативное влияние на окружающую среду составляет 0%. Тем самым полностью экологичным электроавтомобиль назвать нельзя.

Перспективы электротранспорта в России

Для России использование электроавтомобилей очень перспективно: при условии нахождения более экологичного способа производства такого авто, общая экологическая ситуация в стране, в особенности в больших городах, заметно улучшится. Электроавтомобили более безопасные для людей: отличные результаты краш — тестов, большая устойчивость из-за низкого центра тяжести, мгновенное отключение аккумулятора во избежание возгорания в случае ДТП. Благодаря упрощенной конструкции ремонт стоит дешевле и занимает меньше времени. Но данные плюсы будут существенно играть роль при готовности инфраструктуры страны, — в настоящее время Россия занимает лишь 23 место из 25 по данному рейтингу.

Для этого необходимо увеличить количество заправок, особенно в небольших городах и на трассах. Стимуляция граждан на покупку и предпочтения, инвестиции государства для развития электрокаров. В планах государства достичь к 2025–2030 году 10% от всего транспорта.

Недавние санкции и уход иностранных автопроизводителей с российского рынка ставят перед страной дилемму: должна ли Россия попытаться догнать остальной мир, наладив полноценное производство автомобилей с традиционными двигателями внутреннего сгорания, несмотря на их растущую неактуальность, или Россия должна последовать тенденциям динамически развивающегося мира и начать разработку комплексной электрификации транспорта?

Для того чтобы ответить на данный вопрос, необходимо оценить, как электромобили уже влияют на экономику в текущих реалиях, и обозначить основные векторы дальнейшего развития данной отрасли.

Однако, электротранспорт продолжает развиваться: темпы роста продаж электромобилей вернулись до допандемийных результатов. В России продажи новых

электромобилей выросли на 34% за первые 10 месяцев 2022 г., в то время как общие продажи новых легковых автомобилей и легких коммерческих автомобилей упали более чем на 60%.

Половина автовладельцев в России готовы перейти на электромобиль. Во-первых, потому что это экологично, во-вторых, из-за цен на бензин, в-третьих, потому что электромобиль более дешевые в обслуживании и эксплуатации.

Согласно динамике развития электромобилей в России, к 2030 году каждый десятый автомобиль, выпускаемый в России, будет электрическим. Через восемь лет в России планируется производить около 220 000 электромобилей в год, а общее количество электромобилей превысит 1,4 млн. Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует, что к тому времени в мире будет от 200 до 350 миллионов электромобилей.

По данным Минэкономразвития, Россия сможет производить собственные полностью импортозамещенные электромобили, если развитие отечественных производств в области электрохимии, электромеханики и управляющей электроники, будут развиваться с такой же силой, как и сейчас.

На аккумулятор приходится порядка 40% стоимости всего электромобиля. Разрабатываются различные варианты удешевления электромобилей. Например, батареи можно стандартизировать и повторно использовать в стационарных системах хранения энергии.

Россия постепенно наращивает собственное производство литий-ионных аккумуляторов для электромобилей, планируется разработка нескольких литиевых месторождений: рост цен на этот металл на мировом рынке делает эти проекты экономически целесообразными и прибыльными. По предварительным оценкам, запасы лития в России составляют 1 миллион тонн.

При должном финансировании и заинтересованности, Россия добьется блестящих успехов в данной области, улучшив экологическую ситуацию и безопасность на дорогах.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон от 05.12.2022 N 466-ФЗ «О федеральном бюджете на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов»
2. F.A.Omonov, O'.U.Sotvoldiyev, & Q.M.Dehqonov. (2022). Electric Cars as the Cars of the Future. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 4, 128–133. Retrieved from <https://www.geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/916>
3. Распоряжение Минтранса России от 25.05.2022 N АК-131-р

## **Использование искусственного интеллекта для повышения эффективности энергосберегающих технологий**

Алимкина Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

1. В настоящее время, энергосбережение становится все более актуальным вопросом, особенно в свете необходимости снижения выбросов парниковых газов и противодействия изменению климата

2. Искусственный интеллект может быть использован для анализа и оптимизации потребления энергии в зданиях и промышленности, что позволяет снизить затраты на энергопотребление и сократить вредное воздействие на окружающую среду. Например, с помощью систем управления энергопотреблением искусственный интеллект может контролировать и оптимизировать потребление энергии в зданиях, учитывая такие факторы, как погода, наличие людей в здании и другие параметры.

3. Решения на основе ИИ могут предоставить множество преимуществ, включая более точную прогнозируемость потребления энергии, более эффективное использование ресурсов, автоматическое регулирование температуры и освещения в зданиях и многое другое.

4. Искусственный интеллект может быть успешно применен в области управления энергосистемами, предсказания сбоев в работе оборудования и оценки энергетической эффективности производственных процессов.

5. Использование ИИ в области энергосбережения также имеет свои вызовы и ограничения, включая сложность и дороговизну внедрения, необходимость постоянного обновления и настройки алгоритмов, а также потенциальные угрозы кибербезопасности.

6. Разработка и реализация проектов на основе искусственного интеллекта в области энергосбережения требует комплексного подхода, включающего в себя анализ существующих процессов и ресурсов, разработку алгоритмов машинного обучения и моделирования, а также обучение персонала.

7. Использование искусственного интеллекта в области энергосбережения может существенно улучшить эффективность уже существующих технологий и разработать новые методы для оптимизации использования энергии.

8. Одним из главных преимуществ использования искусственного интеллекта является возможность анализа больших объемов данных и выявления закономерностей, что может привести к разработке более эффективных технологий энергосбережения.

Список используемых источников:

1. Сычев И., Искусственный интеллект в электроэнергетике: зачем и на что он способен. Пример ИИ-системы / Сычев И. [Электронный ресурс] // Хабр : [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/post/674110/> (дата обращения: 26.02.2023).

2. Повный А., Искусственный интеллект в электроэнергетике на практике / Повный А. [Электронный ресурс] // Электрик Инфо : [сайт]. — URL: <http://elektrik.info/main/news/1798-iskusstvennyy-intellekt-v-energoenergetike.html> (дата обращения: 26.02.2023).

3. Степанов Д., Зачем энергосистемам искусственный интеллект? / Степанов Денис. — Текст : электронный // НИУ «МЭИ» : [сайт]. — URL: <https://dzen.ru/a/Yr1VZLBFbhesbKMX> (дата обращения: 26.02.2023).

## **Построение системы энергоменеджмента в организации**

Антипина В.Э.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

Энергосбережение на предприятии остаётся важной составляющей, которая требует постоянного контроля, изменения и наблюдения. Энергоменеджмент в организации позволяет свести затраты к минимуму и повысить энергоэффективность, а также следить и управлять энергопотреблением. Разработка мероприятий по энергетическому потреблению, количество затрат, сбор данных, анализ, изменение и планирование необходимых мероприятий должны выполнять энергоменеджеры, обладающие необходимыми знаниями и навыками в этой области.

Энергоаудит давно стал неотъемлемой частью в организациях. Он включает в себя исследование всего предприятия на предмет источников энергии, потребления энергии. Дает возможность разработать рекомендации для снижения потребления электрической энергии. Поиска путей для уменьшения затрат на энергоресурсы организации, учет расходов ресурсов. Важной частью является выбор аудитора, который будет выполнять свою работу добросовестно, не пренебрегая устоявшимися правилами и нормами. Правильно построенная система энергетического менеджмента в организации — это основа ее функционирования.

Таким образом, энергоменеджмент на предприятии строится из многих факторов, некоторые из них уже устарели и требуется их замена или подстроить под новые реалии. В современном мире давно уже появились новые способы по уменьшению затрат на потребление, регулирование, уменьшение затрат, о которых будет рассказано в статье. На примере конкретной организации будет показано как именно и что изменилось при внедрении энергоаудита в деятельность организации.

Список используемых источников:

1. Федоськина Л.А., Абрамов Е.И. Методологические аспекты формирования системы энергоменеджмента в организации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-aspekty-formirovaniya-sistemy-energomenedzhmenta-v-organizatsii>.
2. Силицын Сергей Адольфович, Бабич Владимир Иванович Организация системы энергоменеджмента на предприятии // Энергобезопасность и энергосбережение. 2009. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-sistemy-energomenedzhmenta-na-predpriyatii>

## **Применение энергосберегающих технологий для повышения энергетической эффективности Рублевской станции водоподготовки**

Бабич Б.П., Кочнев Н.Ю., Николаев А.Л.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Энергосбережение является важнейшей задачей, так как в современных условиях энергоресурсы составляют основу жизнедеятельности человека в любой сфере производства и потребления. Энергосбережение позволяет существенно снизить затраты и обеспечить эффективность и конкурентоспособность производства.

В последние годы программы сокращения затрат проводились компаниями всех отраслей и размеров. Проекты сокращения затрат очень разнообразны. Чтобы принять решение о реализации конкретного проекта, необходимо рассчитать и оценить экономический эффект, который компания получает в связи с реализацией этого проекта. Экономический эффект проекта, включает проект сокращения затрат и получение прибыли. Кроме того, полученная прибыль, в свою очередь, определяется тем, насколько изменятся доходы, затраты на производство и налоговые платежи компании в связи с реализацией энергосберегающих мероприятий.

Российские производственные предприятия имеют очень высокую долю затрат на электроэнергию в себестоимости производства. Учитывая рост потребления и рост цен на энергоресурсы, предприятия должны принять ряд эффективных мероприятий по снижению затрат на электроэнергию.

Неэффективность использования топливно-энергетических ресурсов объективно связано с рядом причин: громадным морально и физически устаревшим парком технологического оборудования, отсутствие прогрессивных норм расхода ТЭР, отсутствие стратегии энергосбережения на предприятиях.

В настоящее время сокращение потребления энергии при производстве продукции является основным направлением энергосбережения на российских предприятиях.

1. Утепление ограждающих конструкций (тепловых контуров)

2. Оптимизация работы приточно-вытяжной системы вентиляции и наладка системы отопления

3. Теплоизоляция трубопроводов наружной и внутренней прокладки горячей воды на основе новых технологий.

Целью работы является совершенствование энергосберегающие мероприятия в системе теплоснабжения Рублевской станции водоподготовки.

Большинство зданий и сооружений построено более 40 лет назад, некоторым около ста лет. Необходимо проведение работ по утеплению, ремонту и частичной замене ограждающих конструкций (окон, дверных проемов, ворот и др.).

Предлагается:

Провести ревизию состояния ограждающих конструкций корпусов, особенно, с большой степенью остекления, качества утепления оконных рам, дверей, ворот и т.п., составить график работ по ремонту и замене старых конструкций, на современные.

Внедрение новых современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов, отличающихся от существующих долговечностью, прочностью, высокими

теплофизическими и теплоизоляционными свойствами. Такими свойствами обладает, например теплоизоляция типа «Термофлекс» разработанная фирмой «Антекс» или типа «Рубафлекс», разработанная фирмой «Аэроконд» изготавливаемые в виде труб, пластин, рулонов и лент. Используемый для такой изоляции вспененный синтетический каучук, представляет собой трудногорючий материал, с диапазоном применения от -40°С до +140°С и низкой теплопроводностью ( $\lambda < 0,035$  Вт/м К).

В рамках этой работы рекомендуется:

1. Замена отопительных приборов (радиаторов) устаревшей конструкции на новые с улучшенной теплоотдачей и возможностью регулирования. Выбор типа и количество новых радиаторов взамен старых, выбракованных должно решаться в каждом помещении отдельно.

2. Замена старых оконных блоков на стеклопакеты. Потери тепла вследствие физической изношенности оконных рам и наличия неплотностей могут достигать ~ 24% от суммарных потерь тепла через ограждающие конструкции (стены, окна, двери и т.д.). Поэтому предлагается осуществить постепенную замену старых оконных блоков на стеклопакеты улучшенными

Отсутствие и плохое качество тепловой изоляции на трубопроводах горячей воды приводит к нерациональным потерям тепловой энергии. В соответствии со справочными данными потери тепла неизолированными трубопроводами могут составлять не менее 10 ккал/м<sup>3</sup> час °С в зависимости от температуры окружающего воздуха и диаметра трубопровода. Теплоизоляция трубопроводов наружной и внутренней прокладки на основе минеральной ваты недолговечна и быстро разрушается. Следует отметить, что теплоизоляция на старых участках трубопроводов требует замены.

Список используемых источников:

1. Российская Федерация. Федеральный закон. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: принят государственной думой от 23.11.2009 № 261-ФЗ / Российская Федерация. Федеральный закон. — Москва: Кремль, 2009. — 67 с.

2. Бабаев, А.В. Комплект Технических документов на процесс производства 2020 год: Регламент работы Рублевской станции водоподготовки / А. В. Бабаев. — Москва: МГИУ «Мосводоканал» 2020. — 83 с.

3. Грушин, А.В. Совершенствование методического обеспечения разработки программы энергосбережения на промышленном предприятии: диссертация / А.В. Грушин. — Казань: Высшая школа приватизации предпринимательства, 2003. — 139 с.

## **Энергетическая безопасность**

Васильев М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Мишучков В.И.

МАИ, Москва

Энергетическая безопасность — это состояние защищённости граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения.

В другом смысле, в глобальном, энергетическая безопасность — это термин, обозначающий связь между национальной безопасностью и наличием природных ресурсов для потребления энергии.

В последние годы топливно энергетический комплекс(далее- ТЭК) столкнулся с рядом проблем: уход с отечественного рынка многих западных компаний, отказ западных компаний в участии реализации российских проектов, запрет на экспорт в Россию иностранных технологий и иностранного оборудования. Несмотря на сложность внешних вызовов, ТЭК России не только смог обеспечить надежную, устойчивую работу по снабжению промышленного сектора и населения необходимыми энергетическими ресурсами, но и увеличить доходы Российского бюджета на 28%. Ограничения жесткими

санкциями по поставке энергетических, ограничениями в цене не помешали найти новые рынки и увеличить экспорт энергетических ресурсов на 7,6%.

Для обеспечения устойчивости экономики и укрепления национальной энергетической безопасности, по итогам 2022 года было открыто 38 месторождений углеводородного сырья, запущен проект (не имеющий аналогов в мире) по созданию инновационной технологии термохимического воздействия на нетрадиционные нефтеносные горизонты- реализация данного проекта позволит существенно повысить процент извлечения углеводородов на месторождениях высоковязкой нефти. Такая инновация может обеспечить не только импортозамещение, но и импортоопережение в освоении теории решения избирательских задач(ТРИЗ).

Несмотря на общемировой кризис и сложнейшую геополитическую ситуацию, благодаря правильным и расчётливыми действиям в сфере энергетической безопасности, Россия смогла надёжно обеспечить энергетическими ресурсами внутренний рынок в течении всего 2022 года. Динамика цен уверенно держалась ниже уровня инфляции.

Энергетическая безопасность позволила, гарантировать не только экономическую устойчивость, но и поддержание достойного уровня жизни людей, национальной безопасности и мировой безопасности в сфере энергетики.

Обсудив примеры, хотелось бы конкретизировать факторы обеспечения энергетической безопасности:

1. Доступность по цене.
2. Приемлемость для окружающей среды.
3. Долговечность поставки. Безопасность означает, что потоки энергии могут выдерживать перебои в подаче и адаптироваться к ним. Угроза потокам энергии может принимать различные формы.
4. Диверсификация источников. Надежность поставок улучшается по мере увеличения числа поставщиков. Чем больше продавцов чего-либо существует, тем меньше цены без потери клиентов.
5. Достаточность по отношению к спросу.

Россия старается соответствовать всем факторам обеспечения энергетической безопасности, не стоит отрицать в наличие проблем в данной сфере, но заданный вектор развития дал понять, что наша страна находится на верном пути.

Угрозы энергетической безопасности включают политическую нестабильность некоторых стран-производителей энергии, манипулирование поставками, конкуренцию за источники энергии, нападения на инфраструктуру снабжения, а также аварии, стихийные бедствия, рост терроризма и зависимость доминирующих стран от иностранных поставок нефти.

Далее приведу показатели энергетической безопасности:

- Истощение запасов нефти и других ископаемых видов топлива (пик добычи нефти и т.д.)
- Зависимость от иностранных источников энергии
- Геополитика (например, поддержка диктатур, рост терроризма, стабильность стран, поставляющих энергию)
- Энергетические потребности более бедных стран и потребности быстро развивающихся стран, таких как Китай и Индия

Россия решает и все эти проблемы, наша страна разбирается и поддерживает стабильность не только на нашем рынке, но и на мировом!

Говоря о энергетической безопасности, не могу не привести в пример свой институт. Я считаю, что этот пример немаловажный. МАИ готовит высококвалифицированных кадров в сфере энергетического менеджмента, программа является уникальной. Ведь выпускники данного направления будут осуществлять правильное, рациональное управление энергетическими ресурсами, применять внедрение новых технологий, а значит и укреплять энергетическую безопасность страны. Нехватка высококвалифицированных кадров в управлении энергетическими ресурсами, тоже является проблемой в устойчивом обеспечении безопасности нашей славной страны в области энергетики.

Проблема ЭБ является одной из ведущих проблем. Правильное ведение политики в сфере энергетической безопасности не только сыграет главенствующую роль в обеспечении надёжного функционирования экономики России, укрепления ее позиций на международной арене, но и позволит поддерживать безопасность и достойный уровень жизни наших граждан и граждан других стран (и в этом наша Держава является уникальной).

Список используемых источников:

1. Указ Президента РФ от 12.05.2009 № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» // Собрание законодательства РФ. — 2009. — N 20. — Ст. 2444

2. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ. — 2009. — N 48. — Ст. 5836.

3. Министерство энергетики РФ// Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации: электронный ресурс. –Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/14766/96941> (Дата обращения 15.01.2023)

### **Энергосбережение в высших учебных заведениях**

Голубева В.Д.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

В настоящее время, актуализация проблем энергосбережения встает достаточно остро, потому как ресурсы имеют свойства заканчиваться, цены на энергоресурсы повышаются, поэтому люди начали задумываться о том, как же уменьшить ресурсопотребление, и уменьшить энергопотребление. Для того, чтобы этого достигнуть, необходимо подобрать энергосберегающие мероприятия и внедрить организационные меры по достижению энергоэффективности. Достигнуть этого можно с помощью совокупного использования современных энергосберегающих технологий и внедрения мер, направленных на энергосбережение. Так как в настоящее время энергосбережение является одной из приоритетных задач, что обусловлено дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также глобальными экологическими проблемами. Крупными потребителями энергоресурсов являются образовательные учреждения, к которым относятся вузы. Поэтому в данной работе будет рассматриваться энергосбережение в высших учебных заведениях, а также возможность сокращения потребления энергии с помощью внедрения мероприятий для достижения экономии. В данной работе будут предложены мероприятия и действия для достижения экономии энергии.

В процессе энергообследования собрана и систематизирована следующая информация:

- Данные о потреблении топливно-энергетических ресурсов: электроэнергии, тепловой энергии, воды и моторного топлива;
- Информация по составу оборудования систем, электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения;
- Информация о состоянии и характеристиках систем коммерческого и технического учета расхода энергоресурсов.

Задача состоит в изучении и уточнении теоретических положений об экономической сущности и содержании энергоэффективности в высших учебных заведениях, выявлении проблем энергопотребления в МАИ, а также разработка практических рекомендаций по его совершенствованию.

Список используемых источников:

1. Н.В. Савина, Ю.В. Мясоедов, Л.А. Мясоедова Энергосбережение бюджетной организации в современных условиях//<https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-programmou-energoberezheniya-i-povysheniya-energoeffektivnosti-v-vysshih-uchebnyh-zavedeniyah>

2. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в организациях бюджетной сферы / И. А. Башмаков // Энергосбережение. — 2009. — №6.

3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23 ноября 2009 № 261-ФЗ

### **Роль технологий Интернета вещей (IoT) в повышении эффективности использования энергоресурсов в городской инфраструктуре**

Кассич Г.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Использование данных, собранных при помощи технологий IoT, позволяет оптимизировать работу систем управления энергоресурсами, например, регулировать потребление электроэнергии в зависимости от нагрузки. Применение технологий IoT в городской инфраструктуре позволяет создавать интеллектуальные системы управления транспортом и зданиями, которые могут значительно снизить потребление энергии, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Оценка перспектив использования технологий IoT для энергосбережения в городской инфраструктуре является важной задачей для создания устойчивых и энергоэффективных городов. Технологии интернета вещей могут быть применены для управления системами энергосбережения в различных секторах, включая производство, транспорт, здравоохранение и другие области. Одним из примеров использования технологий IoT для энергосбережения является система «умного дома», которая позволяет управлять освещением, отоплением и другими системами на расстоянии при помощи смартфона или компьютера. Технологии IoT также могут быть использованы для мониторинга состояния оборудования и автоматического управления им. Например, сеть датчиков IoT может предупредить о неисправности оборудования до того, как она приведет к аварии, и автоматически выключить систему, чтобы предотвратить повреждения. Применение технологий IoT для энергосбережения может существенно снизить затраты на энергию и улучшить экономическую эффективность проектов. Например, управление энергосберегающими системами на основе данных, собранных при помощи технологий IoT, позволяет оптимизировать расходы на энергоресурсы, снизить затраты на эксплуатацию, а также повысить надежность энергоснабжения. Технологии IoT могут использоваться и на государственном уровне. Например, в достижении цели по снижению выбросов углерода в атмосферу.

Список используемых источников:

1. Роб ван Краенбург: Что такое IoT? — <http://internetofthings.ru/78-blog/21-rob-van-kranenburg-cto-takoe-iot>

2. Что такое IoT и что о нем следует знать? — <https://habr.com/ru/company/otus/blog/549550/>

3. Газе Д.Д. Анализ перехода на цифровые интеллектуальные сети в электротехнике. Материалы конференции «Наука и просвещение». 2019 г.

4. Еркина Д.А. «Электроэнергетика: От новшества к инновациям». 2018 г.

### **Перспективы внедрения установок тригенерации на объектах в России**

Козловцев С.А.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

Конструктивная схема тригенерации представляет собой соединение когенерационной установки с абсорбционной холодильной машиной (АБХМ).

Когенерация представляет собой процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии. В тригенерационной установке вырабатывается еще и холод. Технология позволяет в зимний период утилизировать для нужд отопления и ГВС тепло, которое вырабатывается попутно электрической энергии, а в теплое время года использовать холод в системе кондиционирования.

Технология обладает большим потенциалом энергосбережения за счет более полной выработки энергоресурсов. Основной эффект заключается в выработке сопутствующих электричеству, условно бесплатных, энергетических ресурсов — теплу и холоду. В сравнении с моногенерацией (выработка одного ресурса), выработка нескольких ресурсов позволяет снизить себестоимость выработки электроэнергии.

Основными преимуществами проектов по тригенерации можно выделить:

- По сравнению с когенерацией, тригенерационный цикл актуален в течение всего года, что существенно снижает срок его окупаемости.
- Для выработки холода также используется тепловая энергия, которая обладает самой низкой себестоимостью.
- В установке отсутствуют подвижные детали, что увеличивает время работы между регулярным обслуживанием.

Тригенерационные установки достаточно универсальны, поэтому могут применяться на различных объектах: промышленные предприятия, бизнес-центры, торговые центры, аэропорты и тому подобные.

Можно сделать вывод, что тригенерация продолжает развиваться и эта технология поможет повышать эффективность производства энергии, а также снижать выбросы парниковых газов.

Список используемых источников:

1. Инжиниринговая компания «Энергия плюс» / «Комбинированное производство тепловой, электрической и холодильной энергии: когенерация и тригенерация для промышленного объекта»: официальный сайт. — URL: <https://xn--c1adkmgpem4hrai.xn--p1ai/articles/kombinirovannoe-proizvodstvo-teplovoj-elektricheskoi-i-holodilnoj-energii-kogeneraciya-i-trigeneraciya-dlya-promyshlennogo-obiekta> (дата обращения 27.02.2023).
2. Клименко А.В. Схемы тригенерационных установок для централизованного энергоснабжения // Теплоэнергетика – 2016 – №6 – с.36-43.
3. «МКС» группа компаний / «Тригенерация»: официальный сайт. — URL: <https://mks-group.ru/a/trigeneratsiya> (дата обращения 27.02.2023).

## **Вклад технологий Умного дома в энергосбережение**

Королева А.А.

Научный руководитель — доцент, Пушкарёва М.Б.

МАИ, Москва

«Умный дом» — это комплекс технологий, который позволяет иметь контроль над освещением, вентиляцией, температурой комнаты, безопасностью и сигнализацией по всех характеристикам данных сфер, то есть от установки технологии до ее настройки плане потребления ее энергии, сколько будет работать или когда только начнет свою работу.

Также данная технология позволяет существовать в полной зоне комфорта. Возможно, именно из-за ужасной любви человека к комфорту, было придумано множество новых и удобных, а главное доступных технологий.

Но также, надо отметить, у всего есть свои минусы, и эту технологию это не обошло: вентиляция и отопление сложны в установке, но при этом эффективны в сокращении потребляемой энергии, но совместимость с помещениями и так далее. Но главными достоинствами технологии являются ее дешевизна на начальных этапах и возможность каждого человека сделать свой вклад в энергосберегающие мероприятия для мира.

«Умный дом» — сейчас это название должно быть у каждого на слуху. Но надо отметить, что не каждый знаком с такой технологией. По исследованию, которое проводили Hi-Tech Mail.ru, технологии «умного дома» известны 88% россиян, из которых только около 27% пользуются этими технологиями. Также провели опрос на тему «А во сколько обошлось?» То около 40% ответили от 5 до 20 тысяч рублей, и около 33% ответили, что им этого обошлось свыше 20 тысяч рублей. В опросе приняли участие около 4,62 тысяч пользователей проекта Hi-Tech Mail.ru. Также пользователи выделили компании, которые

занимаются технологиями для умного дома: Xiaomi, Google, Redmond, Amazon, Постелеком и TP-Link.

Список используемых источников:

1. Акулинушкина, Т. Е. Значение применения технологии «Умный дом» для развития жилищно-коммунального хозяйства региона / Т. Е. Акулинушкина. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 18 (256). — С. 105-109. — URL: <https://moluch.ru/archive/256/58586/> (дата обращения 03.12.2022).

2. Гумаров, А. Отопление в умном доме / А. Гумаров. — Текст : электронный // Совет инженера : [сайт]. — URL: <https://soviet-ingenera.com/umnyi-dom/otoplenie-v-umnom-dome.html> (дата обращения: 09.12.2022).

3. Исследование показало, сколько россиян пользуются системами «умного дома» / [Электронный ресурс] // РИА НОВОСТИ : [сайт]. — URL: <https://ria.ru/20190808/1557281110.html?ysclid=lbgvpo3g1y320272976> (дата обращения: 09.12.2022).

### **Использование устойчивого авиационного топлива для снижения энергоемкости полетов**

Кочнев Н.Ю., Николаев А.Л., Бабич Б.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарёва М.Б.

МАИ, Москва

С традиционным керосином можно смешивать SAF, и они уже используются на многих коммерческих рейсах.

CO<sub>2</sub>, поглощаемый растениями во время роста биомассы, примерно равен количеству углекислого газа, образующегося при сжигании топлива в двигателе внутреннего сгорания и возврате его в атмосферу.

SAF дороже, чем традиционное реактивное топливо. Оценки варьируются от 2х для некоторых источников на основе отходов до 6-10х для синтетического топлива с использованием улавливания углерода.

SAF отличаются от стандартного биотоплива. «Биотопливо» обычно относится к топливу, произведенному из биологических ресурсов (растительного или животного происхождения), и его производство не всегда является устойчивым.

Существует пять способов, с помощью которых можно производить SAF (одобрены на международном уровне).

Синтетический парафиновый керосин Фишера-Тропша с ароматическими соединениями- производится из возобновляемой биомассы (твердые бытовые отходы, сельскохозяйственные и лесохозяйственные отходы, древесина и энергетические культуры). Смешивается составляет до 50%.

Гидрообработанные сложные эфиры и жирные кислоты- производятся из маслосодержащей биомассы, такой как водоросли. Смешивается составляет до 50%.

Гидрообработка ферментированных сахаров в синтетические изопарафины- производится путем микробного превращения сахаров в углеводороды. Смешивается составляет до 10%.

Синтетический парафиновый керосин для перегонки на спирту- производится из сельскохозяйственных отходов, таких как солома, трава, лесная стружка, солома. Предел смешивания составляет 30% для изобутанола и 50% для этанола.

Синтетическое реактивное топливо с каталитическим гидротермолизом- производится из сырья на основе триглицеридов, такого как растительные масла, отработанные масла, масла из водорослей, соевое масло, масло ятрофы, рыжиковое масло, масло каринаты и тунговое масло. Смешивается составляет до 50%.

Список используемых источников:

1. Ocko, I. B. et al. Unmask temporal trade-offs in climate policy debates. Science 356 (2017).

2. Краев В.М., Тихонов А.И., Силюянова М.В. Перспективы развития авиационного двигателестроения для энергетики и нефтегазовой отрасли. СТИН 2020. №4.
3. Ben R. Rich. Lockheed CL-400 Liquid Hydrogen-Fueled Mach 2.5 Reconnaissance Vehicle. A Statement by Col. Norman C. Appold of the Sun Tan Project Office-Dec. 1958
4. Hu, W. Lin, J. Zeng, X. Yu. Profiling the microbial contamination in aviation fuel from an airport. Biofouling 35(8). 2019. P.1-14.

## **Решение задач повышения энергоэффективности при эксплуатации многоквартирного дома**

Николаев А.Л., Кочнев Н.Ю., Бабич Б.П.  
Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарёва М.Б.  
МАИ, Москва

В современных условиях недооценивается потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищной сфере. Население планеты растет на постоянной основе, вследствие чего растет и потребление энергоресурсов.

Энергосбережение и повышение энергоэффективности являются важнейшей частью жилищной сферы, а в частности многоквартирных домов.

Многоквартирный дом — это здание, в которое в большей степени входят жилые помещения, места общего пользования, общедомовое инженерное имущество, а также зачастую нежилые (коммерческие помещения).

В настоящее время жилой фонд сильно истощён. Это связано с длительной эксплуатацией общедомового инженерного оборудования и использования устаревших технологий, вследствие чего растет потребление энергоресурсов в многоквартирных домах.

В целях модернизации и повышения энергетической эффективности был введён федеральный закон об энергоэффективности, основным инструментом которого является энергосервисный контракт.

Энергосервисный контракт — это один из способов повышения энергоэффективности многоквартирных домов путём внедрения энергосберегающих мероприятий за счёт ЭСК (энергосервисная компания).

Однако, при реализации энергосберегающих мероприятий в многоквартирных домах путём внедрения энергосервисного контракта, одной из главных проблем является большое число задолженностей за ЖКУ.

Один из примеров внедрения энергосервисного контракта в многоквартирных домах — это снижение затрат на отопление путём перехода от ЦТП к ИТП.

При реализации ИТП в многоквартирном доме также потребуется установка автоматизированного узла управления системой отопления в многоквартирных домах.

Также повышению энергетической эффективности многоквартирных домов будет способствовать снижение потребления электроэнергии путём внедрения системы «умный дом».

Однако, перед внедрением необходимых энергосберегающих и способствующих повышению энергетической эффективности мероприятий в многоквартирных домах, необходимо решить проблему чрезмерного потребления энергетических ресурсов, связанную с отсутствием осознания собственниками жилых помещений ценности энергетических ресурсов.

Воспитание ответственных собственников жилых помещений является неотъемлемой частью при повышении энергетической эффективности многоквартирных домов — решить данную проблему можно путём информирования и стимулирования населения на снижение потребления энергоресурсов.

Одним из способов стимулирования является повсеместное внедрение счётчиков. При их использовании у собственника квартиры появляется персональная финансовая ответственность за израсходованные энергетические ресурсы.

Систематическое снижение потребления энергоресурсов путём внедрения энергосберегающих мероприятий, а также более осознанного их использования будет способствовать энергетической эффективности государства в целом.

## **Анализ зарубежного опыта использования BIM-технологии и перспективы ее развития в России**

Пушкарев М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

Зарождением нового подхода к проектированию объектов и этапом становления BIM-технологий можно назвать вторую половину XX-го века. В начале 2000-х фокус использования информационного моделирования зданий (BIM) сместился на использование 3D-моделирования на стадии проектирования объектов строительства.

Позднее некоторые компании стали внедрять BIM и на этапе эксплуатации зданий, оснащая их специализированными датчиками. Таким образом, можно удаленно отслеживать состояние здания на основании его BIM-модели, предотвращать возможные неисправности и контролировать энергопотребление, что в свою очередь приводит к повышению энергоэффективности таких объектов.

Наиболее продвинутыми странами по уровню развития BIM-технологий, помимо США, также являются ЕС и Сингапур. В международной практике BIM-технологии играют также ключевую роль в государственных проектах по созданию умных городов. На сегодняшний день доля российского рынка BIM-технологий составляет всего 1,5% от мирового объема, а доля строительных компаний в РФ, использующих BIM-технологии, составляет всего 5-7% от общего числа компаний в мире. Это связано с тем, что российская практика развития технологий информационного моделирования существенно отличается от лучших практик из международного опыта.

Возможности BIM становятся шире — от привычного применения в проектировании технология движется в сторону комплексного инструмента и источника ценной информации, которая может использоваться на всех этапах жизненного цикла объекта как для внутренних целей бизнеса, так и при взаимодействии с конечным потребителем.

Приложения для информационного моделирования зданий (BIM) быстро внедряются в строительной отрасли для сокращения затрат, времени и повышения качества, а также экологической устойчивости.

Как правило, чем быстрее вы сможете завершить строительство сооружения, тем меньше денег вы потратите на проект в целом. Кроме того, своевременное или раннее завершение проекта ускоряет возможную окупаемость инвестиций, поскольку объект можно начать использовать достаточно быстро. С помощью BIM архитекторы могут быстрее проектировать здания и раньше начинать строительство. Улучшенный рабочий процесс и другие меры по повышению эффективности также ускоряют проект. Например, архитектор может принять решение о массовом изготовлении определенных элементов с использованием робототехники.

BIM улучшает взаимодействие между архитекторами, клиентами, подрядчиками и другими заинтересованными сторонами, участвующими в проекте. Это связано с тем, что BIM опирается на систему «единого источника достоверной информации»; это означает, что вся необходимая информация, включая модели, оценки и проектные заметки, хранится и хранится в одном месте. Все участвующие в проекте могут видеть информацию и даже вносить свои предложения. Это настоящая совместная работа, которая устраняет разрозненность информации и помогает архитекторам находить лучшие решения на основе анализа данных.

Список используемых источников:

1. Табунщиков Ю. А., Бродяч М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2022

2. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors 1st Edition, Wiley; 2018

3. Криницкий Е. В. Что такое «Информационная модель здания» (BIM) // Инженерно-строительный журнал. // 2010 — № 2.- с.16-18.

4. Материалы Ассоциации building SMART. <https://www.buildingsmart.org/>.

## **Преобразование углекислого газа в топливо для решения проблем загрязнения воздуха и истощения топливных ресурсов**

Пьянов З.М.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

Сейчас проблема выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу, стала наиболее острой и с каждым днем приобретает все большие масштабы. Из-за увеличения количества транспортных средств в мире, а также увеличение использования этих средств во всех отраслях, увеличивается и количество выбросов углекислого газа. Но совместными усилиями ученых из ОАЭ и КНР был найден способ решения данной проблемы.

Путем проведения огромного количества испытаний был выявлен органический метод для преобразования углекислого газа в топливо. В ходе испытаний был использован железный катализатор с добавлением калия и марганца вместе с водородом, лимонной кислотой и углекислым газом, которые в процессе опыта были нагреты до 350 градусов по Цельсию. После данных манипуляций атомы углерода отделяются от атомов кислорода в молекулах CO<sub>2</sub> и впоследствии соединяются с атомами водорода, образуя молекулы углеводорода, которые входят в состав реактивного топлива. В результате данного процесса также образовались молекулы воды и прочие продукты.

В ходе испытаний было выявлено, что за период в 20 часов было переработано и преобразовано 38% CO<sub>2</sub>, находящегося в камере под давлением, в топливные ресурсы. Доля реактивного топлива составляла 48% производимой продукции — это вода, пропилен и этилен. Так же было выявлено, что применение полученного топлива в авиационной промышленности является углеродно-нейтральным, так как при сгорании это топлива высвобождает такое же количество CO<sub>2</sub>, которое используется при его производства.

Плюсом данного процесса является его дешевизна, в сравнении с аналоговыми вариантами. Так же этот процесс затрачивает существенно меньше электрической энергии. Данная методика также обладает огромным плюсом, таким как возможность установки новой технологии на промышленных предприятиях, заводах и фабриках.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что данный способ, в будущем, способен решить проблемы с выбросами углекислого газа, а так же проблему с зависимостью от ископаемых источников топлива.

Список используемых источников:

1. НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕРВИСА.: официальный сайт-URL: <https://nangs.org/news/renewables/ngv/iz-uglekislogo-gaza-nauchilisy-delaty-toplivo-dlya-samoletov>

2. HI-NEWS.: официальный сайт -URL: <https://hi-news.ru/science/kak-prevratit-uglekislyj-gaz-v-toplivo.html/amp>

3. INDICATOR.: официальный сайт-URL: <https://indicator.ru/amp/chemistry-and-materials/fotoelektrod-uglekislogo-gaza-v-toplivo-10-06-2020.htm>

4. IXBT.COM.: официальный сайт-URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/03/13/v-kitae-sozdali-ustanovku-kotoraja-prevrshaet-uglekislyj-gaz-v-jekologicheskii-chistoe-toplivo.amp.html>

## **Создание приложения, развивающего энергоэффективное поведение у детей, как первый шаг в образовании нового поколения**

Рубанова А.И.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

Возможность создания приложения для развития потенциала энергосбережения в массах начиная с поколения начальной школы — это современный социальный проект с уклоном в образование нового поколения.

Данный проект направлен на воспитание стремления к энергосбережению уже в возрасте начальной школы (проект нацелен на детей в возрасте от 7-12 лет), на развитие самодисциплины и ответственности за трату энергоресурсов, а также получение знаний в вопросе экономии энергии.

Идея создания образовательного приложения обусловлена необходимостью внедрения основ энергоэффективности и экономии энергетических ресурсов в домашних условиях начиная с самого себя. Таким образом идея создания приложения по энергоэффективности и обучению основ энергосбережения актуальна и конкурентоспособна.

Исходя из статистики капитализация рынка образовательных приложений в 2021 году достигла 315 млрд. долларов, с прогнозируемым ростом на 20-30% в год. В первые месяцы 2022 года образовательные приложения занимали второе и третье место по загрузкам в Google Play (Андроид) и App Store (iOS) соответственно.

Анализируя статистику российского рынка IT-рынка, можно проследить тренд инвестиционной привлекательности в образовательные онлайн-проекты. Одним из наиболее популярных направлений для инвестирования считается сегмент среднего и дополнительного школьного образования.

Получение знаний, расширяющих кругозор подрастающего поколения и практическое закрепление нового информационного материала является основополагающей идеей в разработке детских обучающих приложений для мобильных устройств. В качестве основных преимуществ использования приложений и программ, представленных в игровом формате, выделяют следующее:

- В условиях современной тенденции к повсеместной цифровизации регулярное использование образовательных приложений способствует адаптации ребенка в реальном мире;

- Вариативность контента позволяет подобрать наиболее удобный способ для изучения нового;

- За счет вовлеченности в игровой процесс происходит практическое восприятие информации с последующим усваиванием;

- Удобный лаконичный интерфейс вызывает симпатию и интерес, а также легкость и структурированность в ориентации функционала приложения.

К преимущественным функциям образовательного приложения относятся:

- Определение геолокации:

1. оповещение о покидании заданной локации,

2. контроль дневного и ночного времени;

- Воспитание энергоэффективного поведения в игровом обучающем формате.

Также на этапах проектирования предусматривается возникновение сложностей, связанных с эксплуатацией:

- Работа только от интернет-соединения;

- Контроль демоверсии со стороны разработчиков.

Социальная значимость данного проекта направлена на привнесение нового подхода в стандарты образования, что в перспективе расширит и разнообразит школьную программу. Простота и лаконичность внутренних блоков, запоминающиеся конструкции и алгоритмы, познавательная и интересная обучающая информация, скрытая за играми и мультипликационными вставками — все это только лишь базовый набор характеристик проекта.

Таким образом эффект от использования приложения предполагает воспитание поведения, направленное на бережное отношение к энергоресурсам, а также наличие базы знаний в области энергосбережения. В свою очередь воспитание с учетом ценностей концепции бережливого использования энергии способствует образованию подготовленного и обученного нового поколения.

Список используемых источников:

1. Исследование рынка онлайн-образования — URL : <https://talenttech.ru/> (Дата обращения 07.02.2023).
2. Образование в цифрах: 2022 — URL : <https://issek.hse.ru/news/> (Дата обращения 14.02.2023).
3. Развивающие приложения для детей: все о пользе их использования — URL : <https://kids.usafe.ru/blog/> (Дата обращения 16.02.2023).
4. Рынок онлайн-образования России: динамика развития с 2016 по 2021 год (аналитический обзор) — URL : <https://habr.com/ru/> (Дата обращения 07.02.2023).

### **Децентрализованное энергоснабжение**

Сангинов А.Д.

Научный руководитель — Ковальчук Ю.А.

МАИ, Москва

Энергосистема — это система электростанций, электрических и тепловых сетей, связанных режимом работы в процессе производства, преобразования и распределения электроэнергии и тепла при общем управлении этим режимом.

Децентрализованное электроснабжение — электроснабжение потребителя от источника, не относящегося к централизованной энергетической системе. Небольшая локальная электростанция может быть построена как предприятием для собственных нужд, так и целым городом или регионом.

Одной из главных причин возникновения необходимости введения систем децентрализованного энергоснабжения в регионах является минимизация затрат на транспортировку электрической и тепловой энергии. В среднем потери электроэнергии оценивают в 8-10%. Потери тепловой — 30%, однако могут достигать и до 40-45% при сильной изношенности сетей.

В России децентрализованным способом производится до трети всей электроэнергии. Около двух третей территории РФ занимает территория децентрализованного энергоснабжения, в основном на севере страны. На этой территории работают более 12 тысяч дизельных электростанций мощностью от 100 кВт до 3,5 МВт; средний расход покупного топлива составляет на каждой из них от 360 до 500 тонн условного топлива (у.т.) в зависимости от новизны оборудования. Кроме того, в этот список следует добавить почти столько же маленьких котельных, как, например, в районах Дальнего Востока, где их количество составляет около 5 тысяч. На Севере работают две атомные электростанции — Кольская мощностью 1760 МВт, производящая почти половину энергии из общего числа электростанций Мурманской области, и Билибинская на Чукотке мощностью 68 МВт.

Промышленно предприятие в свою очередь заинтересовано в строительстве собственной электростанции по следующим причинам:

- Генерация собственной электроэнергии получается более выгодной по сравнению с покупной;
- Источник резервного энергоснабжения в случае аварий и других непредвиденных ситуаций для бесперебойной работы;
- Переработка отходов производства в энергию;
- Необходимость обеспечения роста производственных мощностей.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 21027-75 «Системы энергетические. Термины и определения».
2. ГОСТ 19431-85 «Энергетика и электрификация. Термины и определения».
3. Баркин О. Децентрализация в электроэнергетике: конфликт или оптимизация? // Энергетика и промышленность России. 2019. № 18.

## Энергосбережение в системах освещения промышленных предприятий

Шарапов В.С.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Зубсева Е.В.

МАИ, Москва

Доля энергии, используемой для освещения в промышленности, относительно невелика, но потенциал энергосбережения в системе освещения количественно высок. Освещение используется либо для обеспечения общего окружающего освещения во всех производственных, складских и офисных помещениях, либо для обеспечения низкого освещения и освещения задач в определенных областях. Для первых используются источники разрядки высокой интенсивности (НИД), в том числе металлогалогенные, натриевые и ртутные лампы высокого давления. Люминесцентные, компактные люминесцентные лампы и лампы накаливания обычно используются для рабочего освещения в офисах. Освещение также выделяет значительное количество тепла. Таким образом, последующая экономия за счет мер по повышению эффективности освещения может включать в себя экономию средств при эксплуатации систем кондиционирования и энергопотребления. Величина экономии на выходе зависит от климатических и погодных условий.

Управление освещением: Освещение можно отключать в нерабочее время с помощью автоматического управления, такого как датчики присутствия, которые выключают свет, когда пространство становится пустым. Датчики присутствия позволяют экономить до 10-20% потребляемой энергии на освещение объекта.

Электронные балласты: балласт — это механизм, который регулирует количество электроэнергии, необходимое для запуска осветительного прибора и поддержания постоянного светового потока. Электронные балласты экономят 12-30% энергии по сравнению со своими магнитными предшественниками. Новые электронные балласты обеспечивают плавное и бесшумное затемнение в дополнение к более длительному сроку службы (до 50% дольше), более быстрому запуску и более прохладной работе. Новые электронные балласты также имеют возможность автоматического отключения неисправных или отработавших срок службы ламп. Типичная экономия энергии, связанная с заменой магнитных балластов электронными балластами, оценивается примерно в 25%; однако общая экономия энергии будет зависеть от количества все еще используемых магнитных балластов.

Замена ламп T-12 на лампы T-8: на многих промышленных объектах часто используются осветительные трубки T12. Диаметр осветительных трубок T-12 составляет 12/8 дюйма (обозначение «Т-» относится к диаметру трубки с шагом 1/8 дюйма). Лампы T-12 потребляют значительное количество электроэнергии, а также имеют крайне низкую эффективность, срок службы лампы, снижение яркости и индекс цветопередачи. Из-за этого затраты на обслуживание и электроэнергию ламп T-12 высоки. Замена ламп T-12 на лампы T-8 (меньшего диаметра) примерно удваивает эффективность первых. Кроме того, лампы T-8 обычно служат на 60% дольше, чем лампы T-12, что приводит к экономии затрат на техническое обслуживание. Типичная экономия энергии при замене лампы T-12 на лампу T-8 составляет около 30%.

Замена ртутных ламп металлогалогенными или натриевыми лампами высокого давления: там, где цветопередача имеет решающее значение, металлогалогенные лампы могут заменить ртутные или люминесцентные лампы с экономией энергии до 50%.

Снижение напряжения разряда высокой интенсивности (НИД): снижение напряжения в системе положительно скажется на энергосбережении в системе освещения. Как правило, снижение напряжения освещения на 10% приведет к экономии энергии на 10%. На рынке представлены коммерческие продукты, которые подключаются к центральному панельному выключателю и ограничивают подачу электроэнергии к осветительным приборам, тем самым снижая напряжение и экономя энергию при незаметной потере света. Контроллеры напряжения работают как с НИД, так и с люминесцентными системами освещения и доступны у нескольких поставщиков. Важно отметить, что эти стабилизаторы напряжения

не будут иметь никакой экономии при использовании светодиодных систем. Снижение напряжения даже продлит срок службы ламп.

Расчет экономии на освещение и рекомендации по энергосбережению в осветительных установках разрабатываются по следующим показателям ОУ, его организационно-технической составляющей:

1. экономичность источника света;
2. об экономии оборудования для регулирования запуска;
3. по типичным структурно-световым схемам и операционным группам осветительных приборов (ОП);
4. и в соответствии с системами освещения, соотношением общего и местного освещения;
5. к системам автоматического управления освещением в зависимости от уровня естественного освещения и площади производственных помещений;
6. согласно указу об эксплуатации оу.

Энергии переходит в тепло или другие формы энергии, а какое-в создание светового потока. Чем выше светоотдача прибора (лампы или лампы), тем он эффективнее.

Электрические параметры

Электрические параметры ламп и ламп включают:

1. номинальное рабочее напряжение или диапазон рабочего напряжения, В;
2. типы электрического тока, при котором может работать лампа или светильник;
3. потребление энергии, измеренное В Вт или ВА;
4. Максимальное или номинальное потребление электроэнергии, А;
5. коэффициент мощности

Список используемых источников:

1. Потенциал энергосбережения в освещении и основные подходы к его реализации / [Электронный ресурс] [сайт] URL [https://studref.com/553112/tehnika/energoberezenie\\_osveschenii](https://studref.com/553112/tehnika/energoberezenie_osveschenii)
2. Энергосбережение промышленных предприятиях: на учебное пособие/ Г.Н. Климова.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. — 160с.
3. Ушаков В.Я. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК : учебное пособие / В.Я. Ушаков, Н.Н. Харлов, П.С. Чубик; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. — 283 с.

# Направление №11 International session (in English)

---

## **Sustainable aviation and UAV innovations technologies**

ALI M.I.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Zrelow V.A.  
Samara University, Samara

In the near future, the industry anticipates several innovative advancements that will completely reimagine smaller planes. Recent advancements in the technology of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have led to their increased use in the delivery of medical supplies. However, improvements in the carrying capacity of UAVs have been long overdue.

While UAVs were initially built for military applications, their utilization has grown drastically in areas such as filming and journalism, shipping, topographical mapping, and more recently medical product transportation. With the improvements in lithium batteries, GPS systems, and material technology, drones are being implemented in the delivery of healthcare items to places with difficult access.

For instance, in 2016 Zipline company launched its first fixed-wing drone in Rwanda for healthcare delivery applications, with a maximum flight speed of 145 km/hour and a carrying capacity of 1.36 kilograms.

This paper and presentation at the conference will provide the conceptual design of a fixed-wing drone with a high payload fraction. The novel approach of the genetic algorithm was used for airfoil and wing profile development. high Lift to drag ratio of for wing's airfoil profile how achieved through an iterative process. also how verifies the results through experimental procedures and numerical analysis in ANSYS software. Design solutions for the fuselage, its structural analysis, and tail design alongside this the control surface calculations are also provided in this study.

As the aviation industry has committed to becoming a net-zero sector by 2050. The industry will need to simultaneously decarbonize onboard technologies and its energy supply so to meet our ambitious goal in addition, the paper will cover innovations in UAV technologies that engage with clean fuel and are under the importance of worldwide researchers for green energy to prevent exacerbating the impacts of climate change nowadays using solar UAVs with high payloads and military purposes.

Refrences:

1. Cai, G., Dias, J. and Seneviratne, L. (2014). A Survey of Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles: Recent Advances and Future Development Trends. *Unmanned Systems*, 02(02), pp.175-199.
2. Ciliberti, D., Della Vecchia, P., Nicolosi, F., & De Marco, A. (2017). Aircraft directional stability and vertical tail design: A review of semi-empirical methods. *Progress in Aerospace Sciences*, 95, 140-172.
3. Mukhopadhyay, V., Welstead, J., Quinlan, J., & Guynn, M. D. (2016). Structural Configuration Systems Analysis for Advanced Aircraft Fuselage Concepts. In *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference* (p. 4419).
4. *Aircraft Design : A Conceptual Approach* by Daniel P. Raymer, AIAA Education Series, Second Edition

## **Design of a Typical UAV (Mayfly) for Titan Exploration**

Bintay Islam F.C.

Научный руководитель — академик, к.т.н. Shayne Beegadhur  
MAI, Moscow

The Astraeus Mission Architecture must consist of orbital and lander segments to meet the science goals. The trade off between different configurations for each segment as well as the major

interfaces between and within the segments are considered in the following sections. The result of this is a Main Orbital Spacecraft (MOS) which comprises the major bus element that will hold all other spacecraft. The MOS is also home to 2U CubeSats, called the Mites, that will be deployed from 1400km in altitude into a low decay-rate orbit to categorise the upper atmosphere of Titan and how it changes with each season.

The lander segments will be housed in an entry module attached to the MOS. The major lander segments are an air vehicle (Mayfly) and sea vehicle (Manta). The importance of identifying, analysing and investigating the composition and connection of the Great Lakes of Titan has been identified as a Level 0 requirement. Therefore, the air and lander vehicles must be mechanically linked to one another. The ASV will enter the atmosphere using a heritage Entry Module design with additional requirements for long duration descent and high-altitude flights over Ganesa Macula to observe the northernmost evidence of cryovolcanism on Titan.

The MOS is the hub of the *Astraeus* mission with the purpose of transferring and supporting the lander segments to Titan as well as hosting the high-altitude anion experiment. The MOS has also been designed to collect magnetometer data and operate a SAR with an average resolution of 100m. A top-level requirement of the MOS is to minimise the mass and power of the spacecraft. Whilst the spacecraft will function as a relay between Earth and Titan, the lander segments will be able to communicate directly with Earth. This ensures there is no reliance upon the MOS for primary communications once all INMS CubeSats have been used. Minimising payload mass and combining systems is an ideal way to do this. For example, there are packaging constraints for the *Astraeus* Mission if emergent heavy launch systems such as *Vuclan Centaur*, *Ariane 64* or *New Glenn* were to be used. This will likely require mechanisms to deploy the vehicle from a stowed configuration to an operational configuration. The SAR and magnetometer could be coupled in a similar way to the solar array on NASA's *Juno* spacecraft.

## **Effects of a balanced fuel injector on engine vibration in flight**

Chettri Aditya, Yahya R.A.

MAI, Moscow

This paper analytically reviews and analyses the effects of a balanced fuel injector on engine vibration during flight. Uneven air/fuel mixture between cylinders in horizontally opposed fuel-infused aircraft can induce vibration. The air/fuel combination is a sequence of admission complex plan, similarly free resilience on fuel injector nozzles and discharge of fuel-rich exhaust during admission/exhaust valve crossover. This uneven air/fuel circulation brings about certain cylinders running rich of stoichiometry in comparison with others.

Functionally, to obviate lean misfire and high cylinder head temperatures, the operator suggests that the engine be inclined utilizing exhaust gas temperature (EGT) until the anterior cylinder arrives at crest EGT and afterwards enriches the combination 25–50-degree Fahrenheit rich of pinnacle [1]. The uneven air/fuel combination between cylinders brings about an uneven power production between the cylinders which might prompt an increase in combustion actuated vibration. The EGTs of all cylinders peak at the same time as the air/fuel mixture is balanced between them, resulting in equal air-to-fuel ratio. As a result, there should be less vibration caused by uneven combustion because each cylinder produces the same amount of power.

One of the most pressing issues is Exhaust gas Temperature. EGT is a measure of how efficiently each cylinder burns fuel, or how close the combination is to stoichiometry. But from the data as per the experiment [1], demonstrates that peak performance (peak EGT) cannot occur simultaneously in each cylinder. The explanation for this often-observed phenomenon is the uneven distribution of air and fuel inside the engine and inlet.

It is evident that changing the injectors has reduced cylinder-to-cylinder variability in EGT. Therefore, it remains to be determined whether or not this also has any effect on the levels of vibration. An aircraft's total vibration is significantly influenced by the engine's combustion process.

Noise, discomfort and other issues stem from the total vibration. In the section below, two aspects are in focus: linear baseline vibration (trend) and harmonic content.

Baseline vibration- The baseline linear trend has the same slope for all fuel flow rate (FFR) and both injector configurations, according to statical analysis of all traces from various test configurations for the TCM and GAMI injectors [3][4]. Nonetheless, the slope of the baseline trend does not vary, but there is a distinction in the magnitude of the vibration from test to test.

Harmonic content- The measured peak vibration at the same speed was subtracted from the calculated baseline vibrations to determine the harmonic content. When the mixture is very lean, TCM injectors [3] harmonic vibration is typically high and decreases with FFR. On the other hand, with GAMI injectors [4] the harmonic vibration level is much less dependent on FFR, resulting in much less affect by changes in FFR. In contrast, when the mixture is close to being stoichiometric, the vibration for both kinds of injectors are about the same level.

Refrences:

1. Ratcliffe, Colin and Rogers, David F., balanced fuel injection effects on in-flight aircraft engine vibration, AIAA Journal of Aircraft, Vol. 39, pp. 440-444.
2. George Braly, Optimizing the efficiency of an internal combustion engine, U.S. Patent no. 5941222, Aug. 24, 1999.
3. Inflight vibration test conducted by Teledyne Continental Motors (TCM) on a IO 520 BB engine.
4. Vibration test conducted by General Aviation Modifications Inc. (GAMI) of Ada Oklahoma.

### **A comparison between unscented Kalman filter and spline approximation method in smoothing the flight data**

Goro Sekou, Dhiman Gaurav

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Korsun O.N.

MAI, Moscow

In the field of signal processing, the use of splines and Kalman filters has shown significant results in some applications, such as filtering and noise suppression [1], which are the subject of this paper. Although Kalman filters and the spline approximation method have been developed independently in history, both methods require a comparative analysis in order to evaluate and understand their capabilities in the estimation and noise reduction of flight data. In recent years, many scientists in their papers have conducted comparisons between the classic Kalman filter and its derivatives (in particular extended Kalman filter, unscented Kalman (UKF), and Particle filter), which have shown that UKF is not only a good estimator but also computationally, it is less expensive compared to extended Kalman and Particle filter[2]. The unscented Kalman filter or any other Kalman filter is an algorithm that combines our knowledge of the state space model of a system with the predicted sensor measurements. The UKF adjusts the actual sensor measurements with the purpose to reduce the amount of noise [3]; and as a result, it generates a better estimate of the state of the system. On the other hand, a spline is a curve formed from a collection of simple segments that are joined end to end so that their junctions are quite smooth [4]. There exist many types of splines, among them, the most popular are: splines in Bezier form, exotic splines, cubic splines, and Hermit splines. However, the research has shown that the use of high-degree polynomials is often difficult when analyzing some engineering problems and can lead to significant interpolation errors. In other words, High degree polynomials are then inadequate, and cubic splines are a solution [4]. None of the papers mentioned above considers a comparison between the Kalman filter and the spline approximation approaches in flight data smoothing. In this paper, we perform this task. The most interesting result is that a simple spline approximation in many cases performs better than a sophisticated Kalman filter. This happens because the Kalman filtering is recursive and dependent on the local values of measurement noises, while the spline approximation considered in this paper obtains the estimates from the entire processing interval using the multiple regression and least square criteria.

Refrences:

1. Schum, Donald J. Noise reduction via signal processing: (1) Strategies used in other industries. The Hearing Journal: May 2003 — Volume 56 — Issue 5 — p 27-32 doi: 10.1097/01.HJ.0000293885.26777.b5
2. H. G. de Marina, F. J. Pereda, J. M. Giron-Sierra and F. Espinosa, «UAV Attitude Estimation Using Unscented Kalman Filter and TRIAD.» in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 59, no. 11, pp. 4465-4474, Nov. 2012, doi: 10.1109/TIE.2011.2163913
3. Richard J. Meinhold & Nozer D. Singpurwalla (1983) Understanding the Kalman Filter, The American Statistician, 37:2, 123-127, DOI: 10.1080/00031305.1983.10482723
4. Vincent Chan, Kam-Wah Tsui, Yanran Wei, Zhiyang Zhang & Xinwei Deng (2021) Efficient estimation of smoothing spline with exact shape constraints, Statistical Theory and Related Fields, 5:1, 55-69, DOI: 10.1080/24754269.2020.1722604

### **Development of solution of thermal stress-strain state problem of a layered strip by SVPB method**

Hoa Van Dong

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Зверьяев Е.М.

MAI, Moscow

Comprehension the problem by finding a solution in an analytical form is the top of the researcher's aspiration. Narrowing the scope of the problem, the introduction of limiting, simplifying assumptions are stages in the creation of methods, subsequent steps are the desire to overcome previous limitations. This is not an absolute truth, but an element of genesis.

In a number of problems considered using the Saint-Venant-Picard-Banach method of integrating the equations of the theory of elasticity of thin-walled systems (SVPB), the problem of finding the reaction of a system to a temperature effect differs from the common (purely mechanical) one only in the presence of additional deformation components [1]. Since one of the main tools of the method is the asymptotic approach [2], based on the use of a small thin-wall parameter, a change (due to taking into account the temperature factor) of the structural composition of the equations not only affects the estimates obtained, but also in some cases expands their spectrum, making them more complete. We are talking about estimating the «fast» and «slow» components of the unknown quantities corresponding to the regions of local perturbations and the region of the main solution. This is especially noticeable for a more general case — a plate [3].

When expanding the problem by introducing the layered nature of the strip material, starting from the case of two layers, the specificity of SVPB in relation to the construction of resolution relations allows one to build a single solution for the object as a whole (not excluding the alternative of «joining» layers). The main unknowns (till to constants) are determined in the course of fulfilling the boundary conditions on the ends of the strip. The integrals over the piecewise given functions of the physical constants of the material of the strip layers play a special role in the obtained relations (they are closely in form to the integral characteristics of geometry sections in problems of the strength of materials).

The desire to get more than an estimate or a fragment of the solution leads to more cumbersome calculations (in comparison with asymptotic ones). However, here, the result is observed in an analytical form too [4]. The key element of SVPB is an iterative operator that transforms the initial relations of elasticity theory into a solvable form. In this case, the resulting detailing of the solution is extensible. On this way, the “fast” components (in addition to the main ones) that were not taken into account before, which can affect the stress-strain state in the areas of singularities, fall into the field of view of the method.

Refrences:

1. Zveryaev E.M. Temperature deformation of a long elastic strip // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Vol. 22, No. 3 (2021). — 2021. — S. 293-304.

2. Zveryaev E.M. The Saint-Venant-Picard-Banach method for integrating the equations of the theory of elasticity of thin-walled systems // Prikl. T. 83. No 5–6. — 2019. — S. 823–833.

3. E. M. Zveryaev, A. V. Pykhtin, and Hoa Van Dong. Spatial problem for a rectangular elastic plate, article // Structural mechanics and calculation of structures, No. 4 (297), 2021. — Joint Stock Company Research Center Construction. — 2021. — S. 2-11.

4. Zveryaev E.M., Pykhtin A.V. Solution of the problem of loading a strip by the Saint-Venant-Picard-Banach method // Proceedings of the XXII International Conference on Computational Mechanics and Modern Applied Software Systems (VMSPPS'2021), — M.: MAI Publishing House, 2021. — P. 214-215.

## **Hypersonic Airbreathing Propulsion Missile System**

Kumar Abhishek, Kirti Vishwakarma

MAI, Moscow

Hypersonic flight rockets consists of two stages, it's propulsion systems can be categorized as liquid- and solid-fueled rockets, turbojets, ramjets, scramjets, and the dual-combustion ramjet (DCR) respectively. The liquid fueled rockets and solid-fueled rockets carry both fuel and oxidizer, either separately in liquid fuel tank or combined within a solid propellant grain. Further, the idea of transforming and improvement in efficiency is achieved by using pure "Airbreathing Engines" which intake all of required oxygen from within the atmosphere instead of carrying huge amount of oxidizer. Pure "Airbreathing System" can be subdivided into- turbojets, ramjets, scramjets, DCRs, and turbo-ramjets.

In this context, general objectives of this study is to achieve hypersonic speed so that the hybrid propellant system's complexity impart increased performance and efficiency. Hybrid propellant system are a combination of solid propellant and liquid propellant systems. The presented study comprises of the solid rocket booster to propel the vehicle to Mach 1.5 at or near an altitude of 15,000 feet. During the initial phase, the rocket separates from the first stage solid rocket booster. Subsequently, ramjets and scramjets can operate efficiently at supersonic and hypersonic speeds but there tend to be limitations to the range of Mach numbers over which they can operate. Scramjets can be used above approximately Mach 5 but below that there is in general insufficient energy in the captured airstream to enable efficient combustion in the supersonic combustor. To overcome these limitations, combined cycle engines has been used in this research work. Combine cycle engines, such as the DCR. In DCR, a subsonic combustion ramjet is used as the pilot to scramjet engine, enabling efficient operation over a wider range of supersonic and hypersonic Mach number at or near a maximum altitude of 100,000 feet. The paper encompasses the design, thermal protection, endo-atmospheric mission profile, communication and electrical systems, payload capabilities, and cost analysis. Additionally, the testing conducted at various testing centers and the testing result obtained are demonstrated.

## **Review paper on space radiation**

Kurapati Bhavana

Научный руководитель — Ph.D. Morzhukhina Alena

MAI, Moscow

The possibility of humans colonizing Mars has been of a great interest for more than a few decades.

Without adequate protection, the space radiation poses a serious threat to the human body.

The astronauts of the Apollo missions are the first humans to travel through the Van Allen Belt, which is one of the several radiation hazards and they had low exposure in the region because the mission was planned to spend less time flying through them.

Beyond the Van Allen Belts, the deep space radiation environment is made up of solar energetic particle events which occur during solar flares of the Sun and particles from galactic cosmic rays which come from outside the galaxy.

The research to understand the severity of the effects of the space radiation on astronauts when exposed to it for a long duration is very critical for all the further manned missions to go back to Moon and to reach Mars.

This paper provides an insight into the previous and ongoing research, the technologies developed and suggested solutions to the problem of prolonged exposure of astronauts to space radiation.

It discusses the data from experiments such as the Orion's first mission Exploration Flight Test-1 (EFT-1) that flew through the Van Allen belts; the AstroRad vest, which offers astronauts protection from the impacts of space radiation which was tested by crew members on the ISS and the MARE cosmic radiation experiment on board Artemis I which includes the twin test where two mannequins modeled on female physiology that fly to the moon, one unprotected and the other wearing a radiation protection vest, and by comparing the two sets of data, it will be possible to determine the extent to which the vest would protect a female astronaut from harmful radiation exposure.

References:

1. "APOLLO EXPERIENCE REPORT — PROTECTION AGAINST RADIATION" by Robert A. Etzglisb, Ricburd E. Bensotz, J. Vernon Builey, m2d Clburles M. Barnes Mumzed S'acecrufi Ceizter Houston, Texas 77058
2. "Analysis of the passage of a spacecraft between the Van Allen belts considering a low and high solar activity" M R da Silva and E M Rocco 2017 J. Phys.: Conf. Ser. 911 012005
3. "The MARE cosmic radiation experiment on board Artemis I"— <https://www.dlr.de/>

### **Modification of the inspection cover of the Beechcraft B300**

Ladino Brian, Daniel M.C., Daniel Esteban

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Халиулин. В.И.

KNRTU-KAI, Kazan

A UHF-SHF antenna that is used for special monitoring operations on board the passenger cabin of a Beechcraft B300 model aircraft needs to be relocated. Due to the fact that this antenna operates in a frequency range from 2200 MHz to 3.5 GHz, it is probable that the health of the crew and passengers will be affected by the radiation to which they are exposed when operating this type of antenna.

Therefore, the proposal to install the UHF-SHF antenna in the internal part of the right inspection cover of the tail cone of the aircraft in mention is presented. This proposal contemplates the conceptual and preliminary design for the minor alteration of the original inspection cover to be manufactured in composite material in order to allow the signal emitted by the antenna to have no interference, since the original inspection cover, as it is made of aluminum alloy ALCLAD 2024-T3, interferes with the antenna's transmission and reception signal. In addition, the solution for the structural component for the installation of the antenna on the inspection cover in composite material is presented by designing a support capable of supporting the antenna load and also has the ability to vary his size to allow the entry of the antenna from the outside of the aircraft, as well as the possibility of being removed if required.

In order to study and analyze that these designs of the composite inspection cover are able to withstand the maximum load factors of the aircraft that occur in emergency landing conditions, as indicated by the aeronautical authority of the United States of America (FAA), modeling of each of the parts of the design considered is performed, as well as a characterization of the materials to be implemented in the composite inspection cover.

Subsequently, a simulation is performed in ANSYS® software of the maximum operating loads ordered by the authority. In addition, academic analysis of a load due to the dynamic pressure that the fluid exerts on the inspection cover is performed and based on these simulations, the behavior of the materials can be predicted and compared for interpretation. Additionally, the theoretical calculation of the laminate is used as a comparison instrument with the data obtained from the simulations.

References:

1. CREUS SOLE, A. (2010). INICIACIÓN A LA AERONÁUTICA. 1st ed. MADRID: Ediciones Diaz Santos, Available: [https://books.google.com.co/books/about/Iniciaci%C3%B3n\\_la\\_aeron%C3%A1utica.html?id=gnQk-kk6eDgC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Iniciaci%C3%B3n_la_aeron%C3%A1utica.html?id=gnQk-kk6eDgC&redir_esc=y).

2. L. García-Cuevas González, M. Carreres Talens and A. Tiseira Izaguirre, *Arquitectura general de aeronaves*, 1st ed. VALENCIA p. 4.

3. Ministerio de Educación — Instituto Nacional de Educación Tecnológica, «Materiales y materias primas», “Colección Encuentro Inet”, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2011.

4. D. Escudero López, «Composite materials. Applications», *Informes de la Construcción*, vol. 52, no. 472, 2001. [Online]. Available: [http://file:///C:/Users/calidas/Downloads/Materiales\\_compuestos\\_Aplicaciones.pdf](http://file:///C:/Users/calidas/Downloads/Materiales_compuestos_Aplicaciones.pdf). [Accessed 4 November 2019].

## **Thermal control design of remote-sensing Spacecraft on elliptical Sun-synchronous orbit**

Lee Byungho

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Викулов А.Г.

MAI, Moscow

Recently, it is required to develop type of spacecraft with observation of certain area of the Earth on SSO. but, in the case of regional remote sensing systems, the resolution in the certain observation area is required higher than in a circular sun-synchronous orbit, and in other areas an orbit is required that allows to monitor on the vast territory. For this purpose, an elliptical SSO with a low perigee and a large apogee is considered. In a previous <Assessment of possibility of using remote sensing satellite for regional observation in elliptical SSO> study, an optimal orbit was determined to monitor a region of a spacecraft in a SSO. When designing thermal control design of spacecraft on these SSO, the problem is to increase the temperature during the section of shadow on the opposite side of the Earth.

Thus, thermal control based on accurate understanding and analysis of heat transfer is essential at the space environment with extreme heat. Thermal control belongs to inverse problems of heat transfer with mathematically incorrect solution, most often it is unstable. One of effective methods to stable inverse heat transfer problems for the satellites is a thermal calculation by the regularization method. The purpose of study is thermal control design of remote-sensing Spacecraft on elliptical SSO and to prove that the design of thermal control system would supply necessary thermal constrains for orbital flight.

The comparative heat transfer analysis between the obtained results by using presented methodology and results simulated by existing commercial software (TAS) is performed. These simulation data are non-steady temperature fields necessary for formulation of the inverse problems.

Refrences:

1. Ламзин В.В., Макаров Ю.Н., Матвеев Ю.А. Вопросы поиска эффективных проектных решений при модернизации космической системы ДЗЗ // Полет. 2011. № 5.

2. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. — М.: Машиностроение, 1988. 280 с.

3. Alifanov O. M., Artyukhin E. A., Nenarokomov A.V. Inverse problems in the study of complex heat transfer. — M.: Janus-K, 2009. 300 p.

4. Vikulov A. G., Nenarokomov A.V. Variational method of identification of thermal mathematical models with concentrated parameters // Thermal processes in engineering. 2016. No. 5. pp. 214-226.

## **Research on failure mechanisms in bio-inspired helicoidal laminates**

LIU RUI

Научный руководитель — к.т.н. Насонов Ф.А.

MAI, Moscow

With the development of technology and theory of composite materials, human beings have produced a variety of fiber reinforced composites with excellent properties. In modern society, fiber

reinforced composites have been widely used in various fields, ranging from the aviation industry, aerospace engineering to civil engineering. It is necessary to obtain fiber composites with excellent impact resistance. For this reason, researchers in related fields generally start from two perspectives, one is to improve the materials of fiber and matrix, and the other is to adjust the micro or macro structure of composite materials. In the process of exploration, researchers found that the creatures evolved from nature after billions of years of natural selection struggle gave us inspiration. Through detailed analysis of biomaterials, a variety of biomimetic composites have been created, such as ceramic/polymer biomimetic composites simulating abalone shells [1], honeycomb composites simulating hexagonal honeycomb structure [2], Bouligand structure simulating mantis shrimp claw rod [3] fiber composites, etc. Among them, the Bouligand structure is a kind of bio-mimetic structure with unidirectional fiber layer and periodic spiral stacking, which can be simplified as biomimetic spiral composite material. It is found in mammalian bone, insect cuticle, mantis shrimp claw rod and other biological tissues. The claw rod of mantis shrimp can withstand tens of thousands of impacts without damage, which is closely related to the spiral structure fiber tissue in the front of its claw rod.

Fiber reinforced composite laminates are prone to damage such as delamination and penetration under out-of-plane impact loads, and the application of Bouligand structure in the design of laminates may be a feasible solution to this problem. The researchers designed helicoidal composite laminates, which showed better impact resistance compared with traditional orthogonal laminates and had a good application prospect.

However, due to the difficulty of manufacturing and the imperfection of theory, helicoidal composite materials have not been put into practical application. In order to pave the way for the early application of this material, the damage mechanism and mechanical properties of helicoidal composites after impact were studied in this paper.

References:

1. CHEN Bin, WU Xin-yan. Research of layered microstructure of aragonite sheets of nacre of abalone shell . JOURNAL OF FUNCTIONAL MATERIALS. 2006;37(10):3.
2. CHEN Jinxiang, NI Qingqing, LI Qing, XU Yinglian. Biomimetic light weight composite structure with honeycomb-trabecula[J]. ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA, 2005, 22(2): 103-108.
3. Bouligand Y. Twisted fibrous arrangements in biological materials and cholesteric mesophases. Tissue & Cell. 1971;4(2):189,92-90,217.

## **Spacecraft design to eliminate the need of Heat Shields**

Sharma Joshita

MAI, Moscow

Heat shields and have been an essential part of space craft re-entry systems; however, the projected system suggests a design for a space vehicle that would not need for such a measure. The basic idea behind this is the use of a combination of Lift, Drag and Thrust to counter the act of velocity as well as the gravitational acceleration.

The concept divides the idea into different parts, the first of which suggests the use of large wing surface area, for the purpose of large Lift generation, in addition a positive wing dihedral angle will allow a greater part of the shock wave to pass from beneath the wing creating a high-pressure region beneath and thus would act as a secondary Lift generation practice. The second component of such a design would be a blunt body as well as thicker wing Leading edge, so as to increase wing strength, this concept would increase the resulting drag as well would be another factor causing to lower the speed of the space vehicle. For similar reasons the complete body design including the fuselage as well as the wings should form a design similar to nearly a curved area delta-wing thus allowing it to cut through the atmosphere yet without generating too much heat, while keeping the vehicle stable. The third phase of the design would include one main propulsion system to power the vehicle towards its orbit and would include two secondary systems on the wing ends which would act in similarity to the retrograde rockets and thus slower the flight during re-entry. These Additional propulsion systems, by their placement would also help to reduce the

generation of wing tip vortices in their vicinity. Another of the functions these would serve is of maneuverability, as during higher speed the respective thrusters will be allowed movement capabilities thus allowing maneuvers in the yaw axis, additionally Rudder can be mounted over these systems to allow the ability of directional change even at lower Atmospheric regions.

The basic idea behind the concept is to allow the lift to cause skip and glide throughout its entry which will further allow the vehicle time to absorb the accumulated temperature while the combined use of lift, drag and thrust produced by the various devices would already lower the speed prior to the phase of atmospheric interaction which itself would lower the thus generated temperature. The skip and glide would also allow a larger range for the landing and the addition of larger wings would lower the wing loading considerably which would thus allow the space vehicle to glide once in contact with the thicker regions of atmosphere and also provide with better maneuverability.

## **Design of Static Test Pad for High Powered Rocket Motors**

Shinde A.D.

MAI, Moscow

A Static Test Pad is a device or a static mechanism that holds a rocket motor and is used to measure thrust-time characteristics and other properties like chamber pressure and temperature of a solid rocket motor. It is a standard process in the propulsion testing of a rocket motor.

Our test pad will be conducting static fire tests of high powered rocket motors which are in the class of H-O. We are using a vertical integration method for the rocket motors and will be testing motors in the range of 500-2000 Newtons of thrust.

The design of our test pad required research on materials and the avionics which includes devices for control of ignition and different types of sensors which can be used to acquire the required type of data and is transmitted to the user over a wireless network onto their personal computers. There were also efforts taken in order to ensure the safety of the test stand and the people surrounding it in case of any accident or sudden emergency situation. Several simulations were carried out on the structure in the CAD software Autodesk Fusion 360 simulating the effects of high forces well above the range of thrust of the motors that the STP is intended to test. Simulations were also carried out on avionics and the sensors using the softwares Proteus and Autodesk Eagle and the code for avionics was written in the Arduino IDE which is the main microcontroller we have used. Our design includes the mechanical device with cost as the integral part of the design process due to which we carefully selected the materials and the machining methods for the production of all static and moving parts of this test pad. Careful selection of avionics components such as sensors was also kept in mind depending on the requirement and available methods of some specific data requirements which can successfully fulfill the needs of the user. With the rise of students and professionals building high powered rocket motors the static test pad in our design serves as an appropriate option with limited cost, high reliability, accuracy, durability and also the possibility of being easily portable.

## **Runway safety improvements through a data driven approach for risk flight prediction and simulation**

Singh Jasprit, Макаров B.A.

MAI, Moscow

Flight safety and accident reduction require efforts from all areas of aviation. An important aspect of aviation accident mitigation is increasing pilot awareness of the precursors to an accident so that risks can be avoided. One of the concepts underlying his pilot training is the Attitude Skill and Knowledge (ASK) triangle. Attitudinal competence knowledge as it relates to evidence-based training is a concept used in a variety of industries. The idea behind ASK's pilot training is that he can 'survive' if he is well equipped with two of the three dimensions. For example, pilots may have poor crosswind landing skills. However, pilots can «survive» by knowing that landing in strong crosswinds is against instructions, and by adopting the correct attitude to avoid a wandering threat.

Therefore, it is important to train the pilot on all three of his aspects of ASK and maintain a balance of all three. The purpose of this study is to support the pilot in these three aspects of training to mitigate runway violations. To do this, pilots need to be given enough information, but not too much, to have the right attitude when faced with a runway overrun. Pilots must also be given the opportunity to learn from and practice past flights in order to develop sufficient knowledge and skills to handle situations that have led to runway overruns. If so, what causes runway overruns? In general, aircraft accidents are often characterized by flight precursors based on threshold crossings of one or several flight metrics. Occurrence of precursors does not guarantee an accident, but precursors are a strong indicator that an accident will occur. His NTSB analysis of aircraft accidents shows that typical accidents are attributed to multiple composite precursors. For example, the NTSB identified the following precursors as contributing to the December 8, 2005 Chicago Midway accident: Other factors contributing to the accident include lack of clear guidance on how to calculate landing distances and lack of knowledge of the assumptions used by onboard computers that are critical to pilot decision making. These show that his training in all three aspects of ASK is lacking and his training program needs improvement. Another accident analyzed by the NTSB is the June 1, 1999 Little Rock, Arkansas accident. Precursors to the accident were strong crosswinds and excessive reverse thrust (>1.3 engine pressure ratio). Other factors that contributed to the accident were pilot fatigue and poor situational awareness. These also show his lack of training in all three aspects of ASK. The most recent accident analyzed by the NTSB was the March 5, 2015 LaGuardia Airport crash. Precursors to this accident were lack of lateral stability and poor thrust reverse control. In addition, the stress caused by worrying about the effectiveness of the brakes and fatigue during landing also contributed to the accident. This accident also demonstrates the lack of all three aspects of ASK. These accidents show that there is a relationship between overrun precursors and overruns. For this reason, there are government regulations at certain gates regarding approach altitudes to ensure that pilots remain within safe flight parameter limits for landing. A flight that remains within these parameter limits during approach is defined as a stable approach. Using flight parameter thresholds to define a stable approach again shows that precedent is a good way to account for violations. Therefore, the focus of this study is to examine how to identify overrun precursors and raise awareness. Part of the overflow precursor is defined by the flight parameters at the final approach. Correlations between runway overruns and final approach parameters have led to studies measuring runway overrun risk based on these parameters. In the next section, we examine flight parameters associated with runway overruns identified in other studies. These parameters are analyzed and collected to form a satisfactory set that characterizes the risk of overrun on final approach. Based on these parameters, methods of improving flight safety were studied.

References:

1. International Civil Aviation Organization, Effects of novel coronavirus (covid-19) on civil aviation: Economic impact analysis, [https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID-19/ICAO Coronavirus Econ Impact.pdf](https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID-19/ICAO%20Coronavirus%20Econ%20Impact.pdf), Retrieved: 9/2022, 2022.
2. Economic development dec 2020: Air transport monthly monitor, [https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2020/MonthlyMonitor Dec 2020.pdf](https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2020/MonthlyMonitor%20Dec%202020.pdf), Retrieved: 3/2021, 2021.
3. Economic development dec 2022: Air transport monthly monitor, [https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2022/MonthlyMonitor Apr 2022.pdf](https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2022/MonthlyMonitor%20Apr%202022.pdf), Retrieved: 9/2022, 2022.

## **Elucidative Critical Review on Major Pitfalls of MIL-HDBK-217 for Reliability and Need Analysis of Amendment for Space Applications**

Vishwakarma Kirti  
MAI, Moscow

Since the development of MIL-HDBK-217 in 1961, electronic reliability predictions have been widely used with a deterministic approach. However, with the development and advancement of new electronic materials such as niobium capacitors, insulated gate bipolar transistors later led to

discrepancies in space field failure rate data using the old model. The major factors in the use of the MIL-HDBK-217 account for the constant failure rate metric like temperature and quality factors to every component and formalization that is inadequate with many recently developed materials that work in operational loading conditions.

For application-specific integrated circuit or high density high-reliability interconnect, it is desirable to have miniaturized integrated avionics with low mass, volume, cost and high performance. The accountability of reliable operation in the expected radiation and thermal environments can be done with a standard that minimizes losses and is up to date.

This paper encompasses the crucial complications present in the MIL-HDBK-217. Additionally, the need analysis of the changes required in it is prominently illustrated for space applications. This will result in the scope of better spacecraft reliability experience and its analysis and decrease the hazard phenomenon with lowered cost in all the aviation systems and control systems.

MIL-HDBK-217 is chosen for reliability calculations with the failure constants usage in the spacecraft thermal operation and other subsystems despite its inaccuracies. Thus, the dire need of changes and decreasing the use in space avionics is presented in the paper by essentially elucidation of the perils.

References:

1. Kirschenbaum, Leif, et al. "Building Blocks for the Future: TRL 10 and 11 Commercial Spacecraft Avionics." 2020 IEEE Aerospace Conference, IEEE, 2020, pp. 1–11. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1109/AERO47225.2020.9172456>.

## **Nonlinear Response of Rectangular Plates Subjected to Aerodynamic Load**

Ye Chao

Научный руководитель — Anna Maskaykina

MAI, Moscow

In this paper, attention is paid to the flutter problem. Definition of «flutter» is a combination of self-exciting undamped bending and twisting self-oscillations of the aircraft structural element. The flutter appears when a certain critical speed is reached, depending on the characteristics of the aircraft design and leads to a rapid accumulation of fatigue damage and sharply reduces the service life of the panels. The main criteria for safety from flutter is the ratio of critical speed of the flutter and the maximum aircraft's speed.

The present study focuses on flutter characteristics and the nonlinear response of thin rectangular plates considering aerodynamic load. The aerodynamic load is deduced by the first order and third-order piston theories. The first order piston theory is a linear aerodynamic theory, while the third-order piston theory is applicable for describing nonlinear aerodynamic loads. Based on the Kirchhoff's plate theory and the Hamilton's principle, the governing equations are derived. Using the Galerkin method, the nonlinear ordinary differential equations are obtained. The multiple scale method and pseudo-arclength continuation technique are applied to solve the ordinary differential equation and a set of ordinary differential equations. The present derivation is proved using the comparison study with the existing literature. The flutter characteristics under various parameters are presented. And effects of these parameters to the nonlinear responses of plates are also investigated.

## **Mitigating reentry radio blackout by magnetic window**

Zhang Yiwen

MAI, Moscow

As a vehicle reenters or travels through the atmosphere at hypersonic velocities, the shock-heated air surrounding the vehicle becomes weakly ionized. The weakly ionized air producing a large number of charged particles. The gas mixture is called plasma.

A plasma is a quasineutral gas of charged and neutral particles which exhibits collective behavior. This plasma causes an important systems operation problem known as communications

blackout or radio blackout. During the period of communications blackout, the radio wave emitted by the re-entry vehicle cannot reach the ground station and lose contact with the ground station within a certain period of time, due to the absorption, scattering and reflection of the electromagnetic wave by the plasma sheath. This phenomenon directly affects the tracking and positioning of the target aircraft by the ground base station, and may even endanger the personal safety of astronauts.

With the development of hypersonic spacecraft in the world, communications blackout has become another difficult problem of hypersonic spacecraft after sound barrier and thermal barrier.

In order to solve this problem, we modeling blunt body as spacecraft which refers to the model of NASA's t RAM (Radio Attenuation Measuremen) project [1]. As a result of our research,we discovered that applying magnetic field can not only restrict the electrons in the action area, but also affect the dispersion relationship of the electromagnetic wave. Add a local magnetic field around the plasma sheath to form a magnetic window. In this window, the shock wave separation distance increases, the pressure increases, the temperature decreases, and the electron number density decreases, resulting in the reduction of the plasma collision frequency. The magnetized plasma is conducive to the propagation of electromagnetic waves [2].

Refrences:

1. Akey N D, Cross A E . Radio blackout alleviation and plasma diagnostic results from a 25000 foot per second blunt-body reentry. 1970.
2. Kim M K. Electromagnetic manipulation of plasma layer for re-entry blackout mitigation[D]. University of Michigan, 2009.

# Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур)

---

## Применение элементов нейронных сетей для контроля и технической диагностики в процессе жизненного цикла космических аппаратов

Абдикадыров Д.Н.

Научный руководитель — доцент, Сизов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Сроки активной эксплуатации современных космических аппаратов составляют от 10 и более лет, что требует специальных средств, которые должны обеспечивать контроль и техническую диагностику, в большинстве случаев, без вмешательства человека. Контроль технического состояния космического аппарата и его диагностика при возникновении нештатной ситуации, составляют неотъемлемую часть общего процесса управления КА.

Основными задачами контроля являются:

- Определение технического состояния приборов, систем, агрегатов и КА в целом;
- Обеспечение операторов необходимой контрольно-диагностической информацией для принятия решения по сложившейся ситуации.

Целью технической диагностики является:

- Повышение надежности и ресурса технических систем;
- Оценка диагностической информации;
- Построение алгоритмов принятия решения и их реализация.

В настоящее время, эксплуатация космических средств производится с большой долей участия человеческого труда. Немало важно то, что космические аппараты являются сложными техническими системами с большим количеством процессов подготовки и проверок элементов. Наличие данных факторов усложняет подготовку и целевое применение КА. Предлагается уменьшение роли человека в эксплуатации техники, что позволит оптимизировать вышеуказанные процессы, а также уменьшит время нахождения дефектов и их устранения при проверке элементов на каждом этапе жизненного цикла. Для достижения данных целей предлагается применение искусственных нейронных сетей для управления

В данной работе рассматривается возможность применение нейросетей управления для оптимизации процессов контроля и технической диагностики состояния современных космических аппаратов на всех этапах жизненного цикла, особенно в условиях штатной эксплуатации. Нейронная сеть представляет собой одну из разновидностей машинного обучения в виде математической модели вместе с ее аппаратным или программным выражением. Отличительной чертой любой нейронной сети является ее подобие работе нейронных связей человеческого мозга. Подобные алгоритмы применяются во многих сферах жизнедеятельности человека, в том числе и при реализации космических программ. При анализе изучены проблемы применения нейронных сетей, их возможные пути решения и итоги, а также предложения по улучшению алгоритмов применения. Таким образом, использование искусственных нейронных сетей может помочь решить проблемы, возникающие при эксплуатации всех видов космической техники, без привлечения персонала.

Список используемых источников:

1. Смирнов С. В. Анализ и прогнозирование надежности аппаратуры наземных станций командно-измерительных систем. Авиакосмическое приборостроение, №1, 2008. — 27-32 с.
2. Ефимов В. В., Козырев Г. И., Лоскутов А. И. Нейрокомпьютеры в космической технике. — М.: Радиотехника, 2004. — 316 с.
3. В. Н. Гуцин Основы устройства космических аппаратов. Учебник для вузов, Машиностроение, — М., 2003, 272 с.

## **Разработка модели комплекса наведения антенной системы путем измерения глубины**

Абдухаликов Е.Т.

Научный руководитель — Яковлев В.С.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В настоящее время для приема передачи измерительной, программной, научной, телеметрической информации от составных частей бортовых радиотехнических средств ракет космического назначения, разгонных блоков и космических аппаратов, находящихся в орбитальном полете на наземных станциях слежения (измерительных пунктах), применяются антенные комплексы с активными устройствами наведения антенных систем.

Элементом системы наведения, позволяющим определить положение антенной системы (её основного элемента — зеркала) в пространстве являются либо сельсин-датчики, приемники, либо оптические (световые) датчики положения, установленные непосредственно на антенной системе. Эксплуатация вышеперечисленных элементов сопряжена с решением ряда вопросов:

1. Согласование сельсин-датчиков и приемников требует постоянного контроля и периодического восстановления квалифицированным персоналом, находящимся непосредственно на пункте эксплуатации. Их замена в случае выхода из строя является трудоемкой и продолжительной операцией;

2. Оптические датчики имеют ряд технических недостатков: трудоемкая процедура совмещения оптических осей излучателя и приемника, постепенная деградация излучателя, возможность ложных срабатываний в условиях запыленности, интенсивной засветки и низких температур.

Эти характерные особенности рассмотренных элементов делают не целесообразным организацию дистанционного управления антенными системами, в том числе и антенными полями, состоящими из некоторого количества антенных комплексов, размещенных на некотором удалении друг от друга.

Метод измерения глубины, в данном случае, состоит в определении удаления отдельных точек управляемого объекта (зеркала антенной системы) от источника измерений и возможности графического построения объекта в целом. Реальность внедрения метода измерения глубины и практического применения полученных измерений реализована в игровых приставках на технологии Kinect.

Наличие цифровых значений удаления при использовании лазерных передатчиков и приемников, а также специального программного обеспечения, позволит определить в режиме онлайн статическое положение объекта и при необходимости сформировать сигнал управления на силовые агрегаты для изменения его положения (наведения) зеркала антенной системы в заданную точку пространства.

Данный метод обеспечит компактизацию системы управления исключением критичных динамических элементов, уменьшит время проведения ремонтных работ, позволит увеличить точность наведения антенных систем и контроль за их положением.

## **Разработка подсистемы информационного обеспечения метрологической деятельности предприятия ракетно- космической отрасли**

Агишева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Основной задачей сервиса является качественная метрология. Качество является основным показателем функциональности предприятия. В качестве ориентиров по темпам технического развития организации труда, эффективности производства, экономии всех ресурсов, используемых предприятием в рыночных условиях, можно определить по-разному.

Все исследования Российского института метрологии (метрологии), разработка и изучение специальных стандартов, а также изучение основных электролампоческих испытаний: последовательность испытаний измерительных приборов.

В рамках автоматизации процессов информационно-вычислительных технологий и применяемых в измерительных системах факторы другого государства-фактическое количество улучшений и интенсификаций-все время не любят его отдельных элементов структуры причин изменений.

«О техническом регулировании» в соответствии со статьей 7 Федерального закона, «товары, услуги и сделать каждый в соответствии с такими требованиями Технического регламента в производственном процессе, должны соответствовать требованиям, на основании, которое включает в себя:

- Величину, измеряемую с единицей измерения, в которой проводилось измерение продуктов и продуктов, а также в ходе проверки результатов;
- Предельное значение может быть определено продуктами.;
- Защита истин и параметров продуктов по результатам запроса (контроль, контроль) молоко-творог;
- Измерение, контроль, дизайн текста;
- Измерительные приборы, оборудование и определение требований к управлению испытаниями;

- Проверить необходимо определить критерии эффективности продукта;
- Проверьте и настройте выберите образец.

Государственный контроль осуществляется в следующих вариантах по критериям:

- Согласно утвержденному образцу или типу СУБД (эта);
- Калибровка измерительных приборов;
- Метрологическая экспертиза;
- Осторожно относящиеся к государственной метрологии;
- Методы сертификации средств;
- Обеспечение выполнения работ или оказания услуг или выполнения работ, связанных с оказанием услуг, которыми руководят организации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Список используемых источников:

1. Метрологическое обеспечение- [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://metrob.ru/html/Stati/metrolob/razvitieMO.html> (дата обращения 08.11.2022 г.)
2. Развитие нормативно-правовой базы метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности — [Электронный ресурс]–Режим доступа: <https://tmpro.ru/node/602> (дата обращения 08.11.2022 г.)
3. Федеральный закон «О техническом регулировании» -[Электронный ресурс]–Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-27122002-n-184-fz-o/> (дата обращения 08.11.2022 г.)
4. Ю.К. Прохоров. Управление качеством. Уч. пособие. Спб.: СПбГУИТМО, 2015. 144 с.

## **Применение самовосстанавливающихся материалов в теплозащитном покрытии топливного бака**

Адилев М.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гугина С.Ю.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Создание класса «живых» материалов способствовало развитию современной техники, в особенности, ракетной, так как данная отрасль является наиболее привлекательной для проверки качеств и особенностей новых материалов. Одними из таких «живых» материалов являются самовосстанавливающиеся материалы, которые наделены способностью «самозалечивания» в результате химической реакции находящихся в них

реагентов, которые высвобождаются при повреждении и заполняют собой повреждённые участки.

Нами рассмотрено применение такого материала в теплозащитном покрытии (ТЗП) топливного бака, предполагается, что данная технология обеспечит надёжную защиту как самого бака, так и его содержимого от воздействий внешней среды.

В данном исследовании рассмотрен вариант нанесения двухслойного материала на металлический корпус бака. Первый слой представляет собой полиэфирное связующие модифицированное частицами оксида цинка. Второй слой самовосстанавливающийся композиционный материал. Это решение позволяет решить ряд очень важных задач в частности, обеспечение допустимой температуры эксплуатации конструкционных материалов,

подвергающихся воздействию тепловых потоков. Помимо этого решение вопроса препятствования распространения микротрещин образующихся в результате перепада температур вызывающие перенапряжение в материале. Вместе с этим, такая комбинация позволит улучшить адгезионные характеристики ТЗП, поскольку нами предполагается вариант нанесения композиционного материала непосредственно на бак ракеты-носителя.

Список используемых источников:

1. Осовская И.И., Литвинов М.Ю., Васильева А.П. Технология полимеров. Применение и переработка. Самовосстанавливающиеся покрытия: учебное пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2020. — 80 с.
2. Серцова А.А., Королева М.Ю., Юртов Е.В., Праведникова О.Б., Дутикова О.С., Гальбрайт Л.С. Огнестойкие полимерные нанокомпозиты на основе оксидов и гидроксидов металлов // Химическая технология, 2009. — Т. 10, № 12.

## **Анализ и обнаружение уязвимостей информационных систем**

Баснов Н.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Алтухов А.В.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Анализ уязвимостей — это процесс поиска уязвимых мест, угроз, потенциальных способов их осуществления и моделей работы злоумышленников, вовлеченных в эти процессы.

Уязвимость представляет собой слабый компонент в информационной системе предприятия. Под угрозой понимают возможное событие, действие, явление или процесс, которые могут скомпрометировать информацию. Третье действующее лицо — злоумышленник, который использует найденные уязвимости для реализации угроз.

Научно-практическая значимость исследования состоит в определении социальной значимости сетевых коммуникаций. Таким образом, работа способствует изучению проблемы уязвимостей коммуникаций и поиска консолидационных инструментов в современном обществе.

В настоящее время не существует, каких-либо методик анализа защищённости информационных систем, поэтому алгоритмы могут существенно различаться. Вторая причина отсутствия аналогов разработки это то, что данная программа функционирует в корпоративных организациях, то спецификой разработки программного обеспечения является, то, что эти меры распространяются на обработке информационных сетевых конфигураций только на корпоративных устройствах, т.е. соблюдается полная безопасность данного программного обеспечения.

Анализ сетевого трафика с целью выявления полезной информации. Эта угроза реализуется с помощью специальной программы-анализатора пакетов packet tracer, перехватывающей все пакеты, передаваемые по сегменту сети, и выделяющей среди них те, которые интересуют злоумышленника. В ходе реализации угрозы нарушитель изучает логику работы сети, т. е. стремится получить однозначное соответствие событий, происходящих в системе, и команд, пересылаемых при этом хостами, в момент появления данных событий. Последствиями реализации такой угрозы может быть исследование

характеристик сетевого трафика, перехват передаваемых данных, в том числе идентификаторов и паролей пользователей. Такого рода атаки реализуются на канальном уровне (непосредственного внедрения в операционную систему компьютеров не требуется). Особенно эффективным данный вид атак стал в связи с широким внедрением оптических каналов связи: можно поставить рядом с оптическим кабелем аппарат, который будет производить съем информации без потери качества ее передачи — с медными каналами связи это было сложнее.

Основной целью тестирования является проверка соответствия реального поведения программы, а также выявление ситуаций, в которых поведение программы является неправильным и не соответствующим спецификации. Так при тестировании данного ПО при коммутаторе с 24 портами, программа выполняла задачи неприкосновенно, так как ПО работает при любом количестве портов на коммутаторе за короткий промежуток времени. То есть можно определить, что при увеличении количества подключенных компьютеров к одному коммутатору, увеличивается и уязвимость всей сети. Нужно понимать, что злоумышленник не сможет достичь своей цели и беспрепятственно подключиться к сети, если атака будет вовремя выявлена и остановлена, а это возможно на любом ее этапе, если принимаются соответствующие меры защиты. Необходимо проверять все подключения к коммутаторам, не полагаясь исключительно на антивирусные решения, установленные на рабочих станциях пользователей. Важно своевременно получать уведомления систем защиты для молниеносного блокирования данного подключения и незамедлительно реагировать на них. Этап защиты информации сегодня считается самым актуальным и требуется любому предприятию, не только в корпоративных сетях банков, но и в любых условиях, где количество подключений неограничен.

Абсолютных способов обезопасить себя от угроз не существует, и поэтому информационную систему защиты требуется всегда совершенствовать. Пока не придуман универсальный способ, но наше программное обеспечение, которое подсчитано для анализа подключения компьютеров в корпоративную сеть и дает стопроцентную защиту. Важно остановить проникновение злоумышленников на раннем уровне.

Список используемых источников:

1. Л.А. Щелина. Уязвимости сетевых коммуникаций в современном обществе: теоретико-методологические подходы 2016 г.
2. С.И. Макаренко. Информационная безопасность. 2009 г.
3. В.Ф. Шаньгин. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей. 2011 г.
4. А. А. Муханова, А. В. Ревнивых, А. М. Федотов. Классификация угроз и уязвимостей информационной безопасности в корпоративных системах. 2010 г.

## **Программное обеспечение сервера дистанционной лаборатории на основе микропроцессорного стенда**

Батеев Е.А.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Данная работа является прямым продолжением исследовательской работы, проведенной в 2022 году. Доклад читался на XLVIII Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения». В результате исследований система была разделена на 2 части:

1) веб-приложение для взаимодействия с программным обеспечением сервера дистанционной лаборатории;

2) программное обеспечение сервера дистанционной лаборатории для взаимодействия с лабораторным стендом (Labkit-812).

В работе рассматривается вторая часть разрабатываемой системы, связанная с программным обеспечением сервера, которое является связующим звеном системы. Также приводится описание концепции работы программного обеспечения, реализующее функции, которые можно разделить на следующие две группы:

1. Обеспечение взаимодействия с веб-сайтом:
  - Установка связи с веб-сайтом;
  - Отправка видеоматериалов (видеотрансляция и видеофайл) работы стенда с веб-камеры на веб-сайт;
  - Прием файла программы пользователя
  - Прием символа нажатой клавиши виртуальной клавиатуры.
2. Взаимодействие с лабораторным стендом:
  - Отслеживание работоспособности стенда;
  - Добавление к программе пользователя модуля работы с виртуальной клавиатуры;
  - Загрузка программы пользователя в лабораторный стенд;
  - Загрузка кода нажатой клавиши виртуальной клавиатуры в лабораторный стенд.

Предлагаемая система обеспечит удаленное управление лабораторным микропроцессорным стендом Labkit-812, возможность взаимодействия с клавиатурой стенда и отслеживание ее состояние через веб-камеру, что приведет к возможности дистанционной работы с лабораторным стендом.

Список используемых источников:

1. Шилдт Г. Java/ Полное руководство, 10-е изд/ Г. Шилдт — СПб.: ООО «Альфа-книга», 2018. — 1488 с.: ил. — Парал. тит. англ.
2. Моисейкин Е.В. Микроконтроллеры семейства MCS-51. Теория и практика: учебно-методическое пособие / Е.В. Моисейкин — Екатеринбург.: Изд-во Урал. Ун-та, 2017. — 144с.
3. Уоллс К. Spring в действии./ К. Уоллс — М.: ДМК Пресс, 2013. -752 с.: ил.
4. Лабораторный практикум «Проектирование систем на микропроцессорах MCS-51» / ЗАО «Научный инновационный инженеринговый Центр Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова», 2011. — Электронный ресурс, URL: [https://disk.yandex.com/d/wJ\\_nNf77PGjvhA](https://disk.yandex.com/d/wJ_nNf77PGjvhA) (дата обращения: 12.05.2022)

## **Веб-приложение дистанционной лаборатории на основе микропроцессорного стенда**

Блощицына К.А.

Научный руководитель — Дронов А.А.  
МАИ, Москва

Данная работа является прямым продолжением исследовательской работы, проведенной в 2022 году. Доклад читался на XLVIII Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения». В результате исследований система была разделена на 2 части:

1) веб-приложение для взаимодействия с программным обеспечением сервера дистанционной лаборатории;

2) программное обеспечение сервера дистанционной лаборатории для взаимодействия с лабораторным стендом (Labkit-812).

В данной работе подробно рассматривается первая часть системы, касающаяся веб-интерфейса. Целью работы является описание концепции реализации веб-приложения, реализующего следующие функции:

1. Обеспечение взаимодействия с пользователями:
  - Разграничение прав доступа пользователей в соответствии с категориями (обучающийся, гость, лаборант, преподаватель);
  - Регистрация и авторизация пользователей;
  - Организация управления сеансами пользователей;
  - Отображение состояния лабораторного стенда во время рабочего процесса (в формате видеотрансляции);
  - Предоставления пользователям справочной информации и методических указаний;
  - Обмен служебными сообщениями между различными категориями пользователей посредством чата;

- Отображение виртуальной клавиатуры в веб-приложении;
  - Сохранение файла программы пользователя и видеофайла работы стенда;
2. Взаимодействие с программным обеспечением сервера дистанционной лаборатории:
    - Прием уведомлений о занятости и работоспособности стенда;
    - Передача программы пользователя на лабораторный сервер;
    - Передача кода нажатой клавиши виртуальной клавиатуры на лабораторный сервер;
    - Прием и отображение видеоматериалов по результатам работы стенда пользователем.

Предлагаемая система обеспечит удаленное взаимодействие с микропроцессорным лабораторным стендом. Это приведет к:

1) для студентов филиала станет возможным выполнять лабораторные работы вне расписания

2) предоставит возможность для сторонних пользователей получить навыки работы микропроцессорным стендом.

Список используемых источников:

1. Дакетт Д. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов/ Д. Дакетт — М.: Эксмо, 2017. — 480 с.
2. Веру Л. Секреты CSS. Идеальные решения ежедневных задач/ Л. Веру — М.: Питер, 2017. — 336 с.
3. Дронов В. JavaScript в Web-дизайне / В. Дронов. — М.: БХВ-Петербург, 2017. — 880 с.
4. [https://disk.yandex.com/d/wJ\\_nNf77PGjvhA](https://disk.yandex.com/d/wJ_nNf77PGjvhA) (дата обращения: 12.05.2022).

## **Выбор вариантов фильтрации компонентов топлива заправочной системы ракеты-носителя «Союз»**

Виницкая А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колодяжная И.Н.

МАИ, Москва

Для проведения заправочных операций ракеты-носителя «Союз», на существующих космодромах России, применяется большое количество сложного технического оборудования, необходимого не только для заправки, но и для подготовки и хранения применяемых компонентов топлива и сжатых газов.

Перед началом заправочного процесса все компоненты топлива и сжатые газы проходят очистку через фильтрационные установки. На сегодняшний день наибольшее распространение в очистке ракетного топлива получили специальные авиационные фильтры (агрегаты фильтрации топлива). Очистка в АФТ происходит в несколько этапов.

Первый этап — предварительная (грубая) очистка, в процессе которой происходит удаление крупных частиц размером до 5 мкм.

Второй этап — тонкая очистка, в процессе которой специальные фильтрующие элементы улавливают твёрдые частицы размером до 0,5 мкм.

Затем, очищенные компоненты проходят этапы по обезвоживанию (очистки от воды) и дегазации (удалению растворённых газов).

Проводя анализ существующих систем фильтрации, рассматривается вариант применения системы фильтрации на подвижных и стационарных заправочных системах ракеты-носителя «Союз», а затем выбираются оптимальные агрегаты фильтрации топлива, соответствующие современному технологическому уровню.

Актуальность работы состоит в том, что предлагается рассмотреть варианты агрегатов фильтрации топлива, их технические характеристики и провести анализ для выбора наилучшего устройства фильтрации, так как степень очистки компонентов топлива напрямую влияет на процесс горения.

Список используемых источников:

1. Блинов В.Н. Ракеты-носители. Проекты и реальность: справ. пособие: в 1 кн. В. Н. Блинов, Н. Н. Иванов, Ю. Н. Сеченов, В. В. Шалай. — Омск : Изд-во ОмПУ, 2011, кн. 2 : Зарубежные ракеты-носители.

2. Блинов В.Н. Ракеты-носители. Проекты и реальность: справ. пособие: в 2 кн. В. Н. Блинов, Н. Н. Иванов, Ю. Н. Сеченов, В. В. Шалай. — Омск : Изд-во ОмПУ, 2011, кн. 2 : Зарубежные ракеты-носители.

3. Ракеты-носители. Космодромы. С.П. Уманский — М.: Изд-во Рестатр+, 2001.

### **Выбор оптимальной конструкции солнечных батарей малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли**

Ворона А.Т.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

С развитием космической промышленности появилась потребность в долгом существовании космического аппарата дистанционного зондирования Земли на орбите. На данный момент срок активного существования космического аппарата дистанционного зондирования Земли составляет 10-15 лет. Для обеспечения надежной работы космических аппаратов в течение такого длительного времени им необходимо бесперебойное электропитание. Для решения данной проблемы используются различные источники питания, такие как химические источники питания, аккумуляторные батареи, солнечные батареи.

Солнечные батареи питают электроэнергией аппаратуру и системы космических аппаратов, а также обеспечивают зарядку электрохимических аккумуляторов, используемых на теневых участках орбиты. Они способны функционировать в течение длительного времени без расхода каких-либо материалов, и в то же время являются экологически безопасными, в отличие от ядерных и радиоизотопных источников энергии. Основным элементом солнечной батареи является фотоэлектрический преобразователь световой энергии солнечного излучения. Принцип его работы базируется на явлении фотоэлектрического эффекта.

В данной научной работе рассмотрены солнечные батареи для малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Основная задача состоит в выборе оптимальных материалов и формы солнечной батареи для обеспечения работоспособности аппаратуры, систем и двигателя.

Актуальность состоит в том, что для обеспечения потребных мощностей выбираются солнечные батареи, которые имеют минимальную массу и габариты, что позволяет уменьшить массу полезного груза космических транспортных систем, а также в использовании наиболее энергоэффективных материалов для панелей солнечных батарей.

Список используемых источников:

1. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1983. 360 с.

2. Казанцев З. А., Ерошенко А. М., Бабкина Л. А., Лопатин А. В. Анализ конструкций солнечных батарей космических аппаратов // Космические аппараты и технологии. — 2021. — №3. — С. 121-135.

### **Разработка программного обеспечения организации образовательной деятельности дошкольного образовательного учреждения**

Джарасов Н.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

Дошкольные образовательные учреждения долгое время не приходили к специализированному программному обеспечению, однако и к ним постепенно приходит автоматизация. В наши дни быстрота обработки информации должна соответствовать скорости ее поступления. Поэтому существует потребность в автоматизации работы различных учреждений, в том числе, и детских садов.

Автоматизация деятельности дает возможность объединить процессы, связанные с образовательной деятельностью, в одном информационном пространстве.

Использование информационных технологий в дошкольном образовательном учреждении позволяет реализовать наиболее рациональные методы управления, тем самым вывести на более высокий уровень качество предоставляемого воспитанникам образования, тем самым обеспечивается оперативность и «прозрачность» управления процессами, а также это может улучшить имидж и увеличить конкурентоспособность образовательного учреждения. Современное программное обеспечение (ПО), ориентированное на использование в дошкольном образовательном учреждении, предоставляет возможности для более эффективного решения задач, связанных с организацией образовательной деятельности.

Основной работой по организации образовательной деятельности в дошкольном образовательном учреждении (ДОУ) занимается методист. Он курирует работу педагогов в ДОУ.

Одной из основных задач методиста в рамках организации образовательной деятельности (ООД) является формирование плана или расписания занятий. Реализация данной задачи требует от сотрудника учета большого количества условий. Составление расписания во многих ДОУ выполняется методистом почти вручную (с использованием MS WORD). Данная работа посвящена разработке программного обеспечения организации образовательной деятельности дошкольного образовательного учреждения.

Формирование и дальнейшее редактирование плана (расписания) ООД вручную может вызвать появление ошибок, исправление которых может потребовать трату значительного количества времени, что в дальнейшем ведет к частичному или полному изменению расписания. Такая ситуация может повторяться не один раз, что ведет к замедлению подготовки к новому учебному году не только некоторых педагогов, но и всего детского сада в целом.

Два раза в учебном году педагоги проводят педагогический мониторинг уровня развития детей, т.е. оценивают знания и способности воспитанников на момент проведения мониторинга, по статистике проведенных занятий (активность воспитанника на занятиях, корректность его ответов, поведение в группе, общение со сверстниками и т.д.). По его окончании, педагоги составляют отчет, в котором оценивают уровень развития воспитанников. Для воспитанников, уровень которых был оценен как низкий, составляется план индивидуальных занятий. Весь процесс составления отчетности по мониторингу проводится вручную на бумажных носителях, что ведет не только к долгому составлению, но и часто приводит к не точным оценкам уровня развития воспитанников.

Разработка и внедрение программного обеспечения организации образовательной деятельности дошкольного образовательного учреждения даёт возможность обеспечить автоматизацию работы методиста и педагогов ДОУ, что приведёт к их более оперативной работе и уменьшит трату времени на работу с бумажными носителями, что позволит больше времени посвятить воспитанникам ДОУ.

Список используемых источников:

1. Организация образовательной деятельности в ДОУ [Электронный ресурс]. — <https://www.resobr.ru/article/63719-organizatsiya-obrazovatelnoy-deyatelnosti-v-dou> Дата посещения: 17.10.2022.
2. Постановление 28.01.2021 №2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 01.2.3685-21 [Текст]. — Минюст РФ, 2021. — 988 с.
3. «От рождения до школы». Инновационная программа дошкольного образования. / Под ред. Н.Е. Вераксы, Т.С. Комаровой, Э.М. Дорофеевой. — Издание пятое (инновационное), исп. и доп. — М.: МОЗАИКА-СИНТЕЗ, 2019. — 336 с.
4. Приказ Министерства образования и науки РФ от 30 августа 2013г. № 1014 «Об утверждении порядка и осуществления образовательной деятельности по основным общеобразовательным программам дошкольного образования».

## **Теплообменные устройства энергетических установок космических аппаратов**

Досболов Р.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Неотъемлемой частью абсолютно любой аэрокосмической системы, вне зависимости от назначения или конструкции, является энергетическая установка. Интенсивное увеличение требований к активному сроку существования космических аппаратов (КА) связи, метеорологии, наблюдения, навигации, двойного назначения, влечёт за собой и увеличение требований к основным техническим элементам, а в частности, к энергоустановкам (ЭУ), обеспечивающие длительное пребывание в автономном режиме космического аппарата и его составляющих без дополнительных энергетических затрат. Однако, достижение предельного состояния или отказ ЭУ может фатально повлиять на работоспособность КА, поэтому энергетические установки определяют требования к системам, обеспечивающим термостатирование и терморегулирование внутри КА, так называемые системы терморегулирования и температурно-влажностного режима (СОТР и ТВР). По сравнению с системой обеспечения теплового режима космических аппаратов в энергоустановках теплообменные агрегаты передают львиную долю тепловых потоков при высокой температуре теплового носителя. В данной работе были рассмотрены теплообменные устройства энергетических установок КА различного исполнения, такие как рекуператор, регенератор, холодильник — излучатель (ХИ), а также перспективные устройства отвода тепла в космосе: дисковый и ленточный излучатель.

В процессе работы были проведены исследования принципиальных схем теплообменных устройств и их принципы работы. Эти устройства относятся к первостепенным предметам в обеспечении продолжительного срока существования космического аппарата. Также выполнены расчёты не только экспериментального рекуператора с вариацией изготовления из различных конструкционных материалов, но и проведён оценочный анализ эффективности сих рекуператоров.

Список используемых источников:

1. Ходосов, В.В. Теплообменные устройства энергетических установок космических аппаратов: учебное пособие/В.В. Ходосов; Балт. гос.техн. ун-т. — СПб., 2018. — 25 с.
2. Григорьян В.Г., Евдокимов К.В. Энергоустановки космических летательных аппаратов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2007. — 84 с.: ил.
3. Грабин Б.В. Основы конструирования космических аппаратов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2007. — 80 с.: ил.

## **Информационная система учета, контроля и планирования деятельности учебного центра**

Жубатканова А.Ж.

Научный руководитель — доцент, Кулепетова Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В большинстве городов имеются центры дополнительного образования, задачами которых являются:

- Привлечение учащихся в группы дополнительного обучения;
- Повышение уровня знаний обучаемых по разным направлениям;
- Систематизация знаний и умений, навыков, необходимых для дальнейшего поступления в высшее учебное заведение.

В процессе осуществлении своей деятельности Центр выполняет большой объем работы, связанной с подготовкой документов по приему обучаемых на выбранные направления, ведением журналов успеваемости, посещаемости, формированием необходимой отчетности.

В рассматриваемом Центре отсутствует полноценная система, обеспечивающая автоматизацию такой работы. Большинство операций, связанных с вводом данных о клиенте, ведение журналов посещаемости занятий клиентов и т.д. выполняется вручную или частично с использованием текстового процессора Microsoft Word.

Таким образом, разработка информационной системы для центра дополнительного образования актуальна. Объектом автоматизации являются рабочие процессы сотрудников Центра.

Система будет решать следующие задачи: автоматизированная регистрация слушателей (внесение данных о слушателе и о заказчике), формирование договоров с заказчиками, формирование групп (определение типа обучения : ЕГЭ, ОГЭ, выбор дисциплины, определение состава группы), анализ успеваемости слушателей, составление расписаний занятий для преподавателей центра с учетом свободных помещений и занятости преподавателей; расчет стоимости обучения, контроль сроков оплаты, разработка требуемых отчетов.

Разрабатываемая информационная система предназначена для двух категорий пользователей — управляющего Центра и администратора. Задача администратора центра заключается в обработке заявок на обучение, создание расписаний занятий по направлениям обучения. Задачей управляющего является ведение отчетности об оплате предоставляемых услуг.

Предлагаемая система включает все необходимые элементы формирования отчетности, расчета стоимости за обучение (оплата за подготовку производится один раз за цикл до начала занятий, также возможна запись на обучение и оплата в любой период цикла). Предусмотрена возможность информирования участников процесса (управляющий, администратор, обучаемый) путем формирования уведомлений о выполнении оплаты или возможности зачисления, изменениях в расписании и т.п.

Таким образом, разработка информационной системы для образовательного центра является практически важной и востребованной задачей. Создаваемый программный продукт повысит эффективность работы сотрудников Центра за счет автоматизации основных рабочих процессов, что упростит работу пользователей системы с заказчиками, улучшит качество формируемой документации, позволит оценить качество работы Центра по различным направлениям на основе формируемой системой статистики и осуществлять планирование образовательной деятельности.

## **WEB-приложение для оказания государственных услуг**

Жусупова А.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

В данной работе рассматривается разработка и внедрение web-приложения предоставления государственных услуг подразделениями администрации города Байконур.

Необходимость создания подобной АИС рассматривалась ранее в работах [1]-[4].

На основе анализа предметной области сформулированы следующие требования к программному продукту:

- Разграничение прав доступа;
- Ввод необходимых данных потребителя;
- Защита персональных данных потребителя;
- Идентификация и аутентификация пользователей;
- Передача и хранение данных на сервере.

Основные функции системы:

- Ведение реестра и формирование базы данных структурных подразделений и оказываемых государственных услуг структурным подразделением;
- Регистрация пользователей и формирование личного кабинета;
- Формирование графика приема специалистов с учетом производственного календаря;
- Онлайн-запись на прием потребителя;

- Предоставление части государственных услуг онлайн;
- Загрузка в систему скан-копий документов;
- Мониторинг качества оказания услуг на основе анкетирования;
- Уведомление потребителя об ответе на поданный запрос;
- Формирование перечня документов;
- Формирование отчета: по количеству обращений, о наиболее востребованных государственных услугах, по наиболее востребованным подразделениям.

Таким образом, на выходе формируются следующие документы:

- Отчеты о количественных данных востребованных структурных подразделений администрации города Байконур за отчётный период;
- Отчеты о количественных данных предоставления государственных услуг структурными подразделениями администрации города Байконур за отчётный период;
- Отчеты по количеству обращений;
- Отчеты по количеству времени, которое потрачено на получение государственной услуги с момента записи.

Данная система позволит сократить время для подготовки отчетов, которые посредством системы можно получить за любой отчетный период.

Список используемых источников:

- 1 <https://gagarin.mai.ru/files/2022/abstracts2022.pdf>
- 2 <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2021/12/%D0%9C%D0%9A-1265-1.pdf>
- 3 <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/06/%D0%9C%D0%9A-1438.pdf>
- 4 <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/11/МК-1547.pdf>

## **Сравнительный анализ методов расчета электрических схем**

Звягина А.Г., Звягина М.Г.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Расчет стационарных и переходных процессов в электрических цепях представляет собой математически сложную задачу, особенно при расчете цепей переменного тока с применением дифференциальных уравнений, большим систем уравнений, в которых будут использоваться мнимые и комплексные числа. В то же время, сейчас существует много программ и пакетов прикладных программ (ППП), предназначенных для решения систем линейных и нелинейных уравнений, к которым сводятся большинство расчетов электрических схем. Кроме того, в интернете есть множество калькуляторов, позволяющих производить расчёты различными методами для электрических схем. Поэтому представляется целесообразным провести сравнительный анализ методов и средств расчета электрических схем. Грамотный и обоснованный выбор программы и пакета прикладных программ поможет не только сэкономить время, но и увеличить качество и количество используемых для расчета цепей методов.

В данной работе проводится сравнительный анализ средств расчета электрических схем путем использования программы и пакета прикладных программ. Предлагается рассмотреть, сколько времени уйдет на внесение данных в электронную вычислительную машину (ЭВМ) и на сам расчет схемы по сравнению со временем расчета той же схемы в бумажном виде, сопоставить качество результатов расчета.

Целью этой работы является определение оптимального выбора между использованием программы и пакетов прикладных программ для математических методов расчета электрических схемы и расчетом тех же математических методов и той же схемы в бумажном виде.

## **Особенности применения цифрового маркетинга в современных организациях**

Каржауова А.О.

Научный руководитель — Вербицкая О.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В современном мире информационные технологии все глубже проникают в различные стороны жизнедеятельности человека. Предприниматели выводят компании в цифровое пространство. Таким образом, фирмы расширяют свое присутствие на рынке и увеличивают количество потребителей своей продукции или услуг. Это становится возможным за счет использования современных методов продвижения в онлайн-пространстве, то есть цифрового маркетинга.

Эффективность офлайн методов маркетинга в настоящее время очень низка. При использовании методов маркетинг-микса компании в течение продолжительного времени ожидают результат, и зачастую совсем не тот, что планируется изначально. Средства цифрового маркетинга позволяют продвинуть компанию, товар или услугу на рынке в кратчайшие сроки, координировать или выстраивать несколько направлений стратегии, получить конкурентные преимущества за счет создания яркого образа, коммерческого предложения или охвата потребителей по отдельным категориям.

Актуальность выбранной темы заключается в том, что интернет-маркетинг позволяет рекламировать товары или услуги для широкой аудитории с низкими временными и финансовыми издержками.

Благодаря цифровому маркетингу появились новые специальности и рабочие места. Сейчас можно отметить рост потребности в специалистах в сфере цифровых профессий на рынке труда.

В работе рассмотрены особенности применения инструментов цифрового маркетинга и способы их применения для продвижения компаний. Также рассмотрены наиболее востребованные профессии в области интернет — маркетинга.

Список используемых источников:

1. Шевченко Д. Цифровой маркетинг — микс / Д. Шевченко // Учебник — 2021.
2. Digital marketing [Электронный ресурс] — <https://www.mango-office.ru/products/calltracking/for-marketing/osnovy/digital-marketing/>

## **Нейросетевая система экспресс-оценки состояния физического здоровья посетителя государственного бюджетного учреждения Бассейн «Орион»**

Карнаузов С.А.

Научный руководитель — Набатов Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В работе предлагается нейросетевая система экспресс-оценки состояния физического здоровья посетителя государственного бюджетного учреждения Бассейн «Орион» на основе предварительного анкетирования.

Государственное бюджетное учреждение Бассейн «Орион» (ГБУ Бассейн «Орион») является одной из составляющих спортивных баз для развития и спортивного роста спортсменов, оздоровления жителей, где имеется все необходимое оборудование для поддержания населения в хорошей спортивной форме.

В данной сфере существует значительный риск травмирования, который может иметь необратимые последствия. Несмотря на меры предосторожности, которые принимают большинство тренеров на индивидуальных и групповых занятиях, а также на спортивных соревнованиях, все еще происходят случаи травмирования. По статистике, данный вид травмирования занимает четвертое место среди всех видов травмирования подростков, уступая только бытовому, уличным и рабочим травмам.

Чтобы эффективно бороться с травмами, необходимо, чтобы тренеры и медицинские специалисты имели ясное представление о том, насколько каждый вид физической

активности опасен, который входит в программу занятий. Также они должны контролировать внимательно все факторы, которые могут привести к возникновению опасных ситуаций.

Целью исследования является внедрение нейросетевой системы экспресс-оценки состояния физического здоровья посетителя для снижения случаев травматизма.

Система работает на основе нейронных сетей, путем выявления отклонений в физическом здоровье посетителя.

Входными данными являются полученные ответы при анкетировании посетителя. На выходе рекомендации по физическим нагрузкам на основе имеющихся противопоказаний, чтобы их исключить

В результате внедрения такой системы тренер может воспользоваться предложениями системы или разработать свой план тренировок на основе рекомендаций.

## **Программное обеспечение для распределения учебной нагрузки кафедры высшего учебного заведения**

Лю Ю.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Кафедра — это структурное подразделение, которое ведёт подготовку кадров по конкретной отрасли знаний (обычно 1-3 направления подготовки/специальности).

Основная цель функционирования кафедры — это повышение квалификации профессорско-преподавательского состава (ППС) с использованием новых образовательных технологий и качественного обеспечения учебного процесса, а также создание условий для интеллектуального и личностного развития обучающихся.

ППС кафедры решает ряд задач, связанных с организацией и управлением учебным процессом и лабораториями.

Задача, связанная с распределением учебной нагрузки преподавателей, является одной из самых трудоемких.

Учебная нагрузка преподавателей — это общий объем работы каждого преподавателя в течение учебного года, связанный с проведением аудиторных занятий (лекции, лабораторные, практические работы, консультации, зачеты, рейтинги, экзамены) и консультированием по выполнению курсовых работ и проектов, выпускных квалификационных работ.

Процесс распределения нагрузки начинается с распределения нагрузки между профессорско-преподавательским составом кафедры.

Фонд рабочего времени ППС составляет Ф<sub>рв</sub> часов, из них А<sub>ун</sub> часов составляет аудиторная учебная нагрузка, все остальные часы составляют другие виды работ, выполняемых преподавателем.

При распределении учебной нагрузки необходимо учитывать, существующие ограничения:

- Если суммарная ставка превышает установленной, то эта составляющая уходит на почасовую оплату;

- Почасовая оплата не должна превышать Р<sub>о</sub> часов;

- У внешних преподавателей нагрузка не должна превышать 0,5 ставки;

- По государственной экзаменационной комиссии (ГЭК), на председателя не менее Х часов, на каждого члена комиссии — Y часов;

- По закреплению дисциплин, нельзя провести все А<sub>ун</sub> часов в одном семестре, а во втором не иметь часы, связанные с аудиторной учебной нагрузкой. Аудиторная учебная нагрузка в одном семестре должна составлять примерно А<sub>ун</sub>/2, с допущением перекосов.

Разрабатывается программный продукт, который загружает в систему соответствующие входные данные, закрепляет дисциплины за каждым конкретным преподавателем,

распределяет учебную нагрузку по преподавателям, а также формирует служебную записку об учебной нагрузке преподавателей кафедры.

Актуальность разработки программного обеспечения обусловлена потребностью эффективного решения задач, связанных с закреплением дисциплин за преподавателем и распределением учебной нагрузки преподавателей кафедры.

Для увеличения эффективности при закреплении дисциплин за преподавателем и распределении учебной нагрузки преподавателей кафедры, необходимо учесть все вышеперечисленные ограничения.

Внедрение программного обеспечения позволит автоматизировать процесс закрепления дисциплин за преподавателями и распределение учебной нагрузки кафедры, обеспечит быстрое и качественное формирование соответствующих выходных документов по учебной нагрузке и снижение ошибок к минимуму, возникающих в результате человеческого фактора и невнимательности.

Список используемых источников:

1. Статья «Актуализация разработки программного обеспечения по распределению учебной нагрузки кафедры высшего учебного заведения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/12/MK\\_1564.pdf](https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/12/MK_1564.pdf) (дата обращения: 24.02.2023);

2. Должностная инструкция заведующего кафедрой. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://hr-portal.ru/doki/dolzhnostnaya-instrukciya-zaveduyushchego-kafedroy> (дата обращения 24.02.2023);

3. Что такое кафедра, факультет и деканат в университете. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://zaochnik.ru/blog/chto-takoe-kafedra-i-fakultet-i-dekanat-v-universitete/> (дата обращения: 26.02.2023).

## **Разработка системы информационного обеспечения работы психолога высшего учебного заведения**

Мендибаев И.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

В настоящее время моральная поддержка студентов в высших учебных заведениях является важной составляющей образовательного процесса. Однако, отсутствие эффективных инструментов в виде систем учета и анализа результатов работы с учащимися может существенно снизить продуктивность работы психолога.

В настоящее время подобный специалист вуза сталкивается с рядом проблем, связанных с неэффективностью обработки данных из-за большого количества объема, что сказывается на продуктивности его работы и вызывает трудности при введении подробной истории работ с учащимися.

В данной работе рассматривается разработка системы информационного обеспечения работы психолога в вузе, которая позволит упростить и ускорить процесс его работы, а также повысить ее результативность. Для решения данной задачи будет использоваться подход, основанный на автоматизации процессов работы специалиста, путем создания специального программного обеспечения.

Объектом автоматизации является работа психолога с учащимися, включая учет, формирование тестов, тестирование, анализ результатов, контроль изменений психологического состояния и принятие решений на основе анализа результатов.

Использование системы информационного обеспечения позволит значительно улучшить работу психолога в вузе, обеспечив более точный и полный учет студентов и групп, быстрое формирование и проведение тестов, анализ результатов тестирования и изменений психологического состояния. Кроме того, использование системы позволит значительно сократить затраты времени и ресурсов на обработку данных и анализ результатов.

Разработка системы информационного обеспечения работы психолога высшего учебного заведения является актуальной и перспективной задачей, которая позволит значительно повысить производительность его работы и улучшить качество образовательного процесса в вузе.

## **Стартовые автомобильные транспортные комплексы, запускающие ракету на планете Марс**

Мухомедали Н.А., Бакыткызы Инкар

Научный руководитель — Сатлабаев М.А.

IT школа-лицей №12, Кызылорда, Казахстан

Проект и сфера эксплуатации судового транспорта «Марсоход «Тюльпан».

Проектная научная работа представляет собой исследовательскую работу, посвященную рассмотрению направлений освоения планеты Марс (других планет).

Актуальность темы исследования. Одна из проблем, стоящих перед человечеством в будущем, — это освоение планеты Марс, спутника Луны и других планет. Потому что будущая человеческая жизнь напрямую связана с космосом. Объектом исследования работы является освоение планеты Марс и других планет, а также проект корабельного транспорта Марсоход «Тюльпан». В исследовательской работе продолжались достижения и проектные идеи в современном освоении космоса, совокупность различных исследовательских работ.

Цель исследовательской работы. В данной проектной работе были рассмотрены направления и концептуальные соображения планеты Марс, новые подходы и исторические данные. Предусмотрены следующие задачи и цели:

В связи с освоением Марса и будущими космическими кораблями

Определение условий и значения освоения Марса и других планет, построения марсианских станций, космических кораблей;

Определение интересов освоения Марса, других планет и анализ итогов научного проекта;

Определение особенностей использования будущих космических кораблей и марсианских станций в освоении Марса и других планет;

Оценка научно-проектной работы, научно-аналитической;

Исследование современного космического мира — анализ мыслей, сравнение, анализ, описание, составление фантастических прогнозов-широко использовалось в работе проекта.

Научная новизна исследовательской работы. Хотя многие работы, такие как освоение Марса (освоение других планет), были написаны как исследование космического мира, основные вопросы ограничены кратким обзором. В связи с этим были достигнуты следующие новости;

В исследовательской работе проанализировано и систематизировано большое количество письменных данных;

В работе над научно-исследовательским проектом рассмотрен ряд вопросов, определены новые направления.

Была предпринята попытка рассмотреть неизведанные до этого периода аспекты освоения Марса, космоса.

Теоретическое и практическое значение исследовательских, научно-проектных работ. Основные выводы и выводы, сделанные в работе научного проекта, могут быть использованы в будущем.

Вывод: освоение Марса, покорение космического пространства-одна из главных проблем будущего человечества. Поэтому его освоение, анализ, использование, создание в человеческом нужде-это все, что нужно грядущему поколению человечества.

Список используемых источников:

1. NASA's Jet Propulsion Laboratory. Mars: Facts & Figures. Solar System Exploration. NASA.

2. Seidelmann P. K. et al. (2007). «Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006».

3. Mars Exploration Rover Mission: Spotlight. mars.nasa.gov

4. Марс // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

## **Разработка автоматизированной информационной системы для учета и реализации выдачи лекарственных препаратов списку граждан, причисленных к льготникам**

Мухрадинова А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

В данной работе рассматривается система, которая обеспечивает обмен информацией между городскими больницами, аптеками, отдела здравоохранения относительно рецептов и остатков медицинских препаратов.

Необходимость создания информационной системы рассматривалась ранее в работах [1]-[3].

Входными данными программного обеспечения являются: персональные данные о льготниках, специалистах, врачах, фармацевтах, данные для формирования личной карты льготника, данные для формирования рецепта и информация о медикаментах.

Информационная система будет выполнять следующие функции:

• Ведение личного кабинета и учет сведений специалиста отдела здравоохранения, врача, фармацевта и льготника.

• Выдача полной информации о заказанных медицинских препаратах.

• Ведение статистики заболеваемости льготников.

• Ведение личной карточки льготника.

• Защита информации.

• Создание базы данных прихода и распределения медицинского препарата.

• Автоматизация ведения врачебной документации.

• Сохранение истории назначений по отдельным диагнозам.

• Контроль исполнения заявок на поставку и заключенных государственных контрактов.

• Ведение электронного рецепта.

Выходными данными являются: статистическая информация по заданным критериям, информация о заказах медицинских препаратов, информация об отпущенных рецептах, печатная форма рецепта, прогнозирование бюджета на следующее года, выписка из личной карточки льготника, информация о доступных медицинских препаратах в аптеках.

Разработка и внедрение данного продукта позволит уменьшить трудоемкость работы медицинского персонала за счет сокращения потерь рабочего времени на выполнение работ по сбору, систематизации, подготовке и оформлению информационно-справочных и отчетно-статистических документов, повысит качество управления бюджетными средствами в части расходов на здравоохранение действенного контроля за рациональным и целевым их использованием.

Список используемых источников:

1. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2021/12/МК-1269.pdf> (дата обращения: 27.12.2021 г.)

2. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/12/МК-1564.pdf> (дата обращения: 07.12.2022 г.)

3. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/06/МК-1441-1.pdf> (дата обращения: 25.06.2022 г.)

## **Анализ данных о состоянии инженерных систем и прогнозирование их физического износа с помощью нейронных сетей**

Набатов Н.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) — это сектор экономики, который отвечает за предоставление жителям бытовых услуг по содержанию жилых домов и коммунальной инфраструктуры. Поскольку этот сектор имеет множество недостатков, связанных с устаревшей инфраструктурой, неэффективным управлением и низким качеством услуг, в последнее время наблюдается увеличение интереса к использованию новых технологий, таких как нейронные сети.

Нейронные сети — это компьютерные системы, которые используются для анализа больших объемов данных и обучения на основе опыта. Они работают на принципе, аналогичном тому, как работает мозг человека. Нейронные сети используются в различных сферах, таких как финансы, медицина, автоматизация производства и т.д.

В ЖКХ нейронные сети могут использоваться для решения различных задач, например, для управления энергопотреблением в жилых домах, оптимизации расходов на ремонт и техническое обслуживание дома, определения причин аварий и сбоев в работе коммунальной инфраструктуры и т.д.

В рамках работы рассматривается задача анализа данных о состоянии инженерных систем и прогнозирования их физического износа с помощью нейронных сетей на основе статистических данных.

Для этого собираются данные о состоянии инженерных систем, например, срок эксплуатации, количество заявок и другие показатели. На основе этих данных нейронная сеть может прогнозировать, когда инженерные системы достигнут своего физического предела, а также предложить рекомендации по их замене до наступления аварийной ситуации.

Прогнозирование физического износа инженерных систем может помочь управляющим компаниям оптимизировать расходы на ремонт и техническое обслуживание систем. Они смогут планировать замену систем заранее, что позволит избежать неожиданных затрат и проблем.

Кроме того, использование нейронных сетей может существенно повысить качество обслуживания и удовлетворенность жильцов. Если инженерные системы находятся в рабочем состоянии и не выходят из строя, жильцы не будут сталкиваться с проблемами, связанными с отсутствием горячей воды, отопления или света.

## **Разработка программного обеспечения контроля ремонта и реконструкции городских сооружений на основе технологии фотограмметрии**

Ниязбаева А.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Ремонт и реконструкция городских сооружений начинается с формирования специальной комиссии, состоящей из квалифицированных сотрудников. Данная комиссия занимается выявлением нарушений целостности объектов, которые отображаются в документе, называемом «Дефектная ведомость» и содержащий заключение комиссии, которое становится основанием для планирования проведения ремонта или реконструкции здания или сооружения.

Для сокращения сроков и затрат для выполнения осмотра здания, сбора данных о состоянии объекта и контроля ремонта и реконструкции сооружения предлагается использовать технологию фотограмметрии совместно с BIM-технологиями (Building Information Modeling). Фотограмметрия — это научно-техническая дисциплина, позволяющая определять размеры, формы, положение объекта в заданной системе

координат и его другие характеристики при помощи фотоснимков и технологий их обработки.

Ниже приведены этапы проведения фотограмметрического обследования объекта:

1. Начальный этап: включает в себя ознакомление с исходно-разрешительной документацией объекта, с его объемно-планировочными, архитектурными и конструктивными решениями, с сведениями о застройке прилегающей территории, а также о доступности местности для проведения сбора фотоматериалов.

2. Этап получения исходных данных: для фотограмметрии исходными данными являются фотографии, способы получения которых широки: от использования камеры смартфона или планшета, наземной съемки с использованием автомобиля, аэрофотосъемки при помощи дрона, вертолета или самолета до использования космических аппаратов для сбора фотоданных. Для построения 3D-модели, приближенной к реальному состоянию объекта, необходим большой объем исходных данных с перекрытием 80–90 процентов.

3. Этап построения 3D-модели: на этом этапе происходит проверка корректности исходных данных для получения наилучшего качества модели, определение координат точек объекта в пространстве относительно камеры и создание облака плотных точек. Для минимизации суммы квадратов множества ошибок применяется алгоритм Левенберга-Марквардта (или метод связок). Далее происходит генерация поверхности и текстурирование полигональной 3D-модели.

Разработка программного обеспечения контроля ремонта и реконструкции городских сооружений на основе технологии фотограмметрии позволит определить в полном объеме дефекты и выявить нарушения целостности объектов требующих срочного ремонта.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»: утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 37-ст: введен в действие с 01 января 2014 г. (актуализирован 01.01.2021 г.) М.: Стандартинформ, 2014

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Глава 6.2. «Эксплуатация зданий, сооружений», ст 55.24 «Требования законодательства Российской Федерации к эксплуатации зданий, сооружений»

3. Краснопецев Б.В. Фотограмметрия. — М.: УПП «Репрография» МИИГАиК, 2008 — 160 с.

## **Актуальность энергосбережения, повышение использования энергии.**

### **Энергосбережение и экология**

Ольховская С.В., Дудина А.С.

Научный руководитель — Жетруова Г.З.

ГБОУ СШ №7, Байконур, Казахстан

Проблема, которую мы выбрали для исследования, актуальна по многим причинам. Хотя бы потому, что её решение напрямую связано с судьбой нашей планеты, а значит, и каждого её жителя. Цель нашего исследования — анализ проблем энергосбережения и путей их решения. Любой человек, любая семья, любая страна не могут обходиться без потребления энергии. Энергия является основой жизни на Земле. Возможности по преобразованию и использованию энергии являются показателем научно-технического развития человечества. Но вместе с возможностями появляются и проблемы. С начала прошлого века наблюдается беспрецедентный рост населения Земли и энергопроизводства. Рост производства энергии необратимо загрязняет нашу окружающую среду и повышает влияние «парникового эффекта», в результате чего климатические условия на Земле могут подвергнуться непредсказуемым изменениям. Чтобы справиться с этой проблемой, надо изменить своё отношение и к ней, и к применению новых технологий в этой сфере. Одним из путей и является энергосбережение. Энергосбережение — это деятельность, направленная на рациональное использование и экономное расходование первичной и преобразованной

энергии, природных энергетических ресурсов, которая реализуется с использованием технических, экономических и правовых методов. Одним из действенных способов уменьшить влияние человека на природу является увеличение эффективности использования энергии — энергосберегающие технологии. После энергетического кризиса 70-х годов XX века именно они стали приоритетными в развитии экономики Западной Европы, а после начала рыночных реформ — и в нашей стране. При этом их внедрение, помимо очевидных экологических плюсов, несет вполне реальные выгоды — уменьшение расходов, связанных с энергетическими затратами. Существуют и другие пути рациональнее использовать электроэнергию, причем не только на производстве, но и в быту. Так, уже давно известны «умные» системы освещения, широко внедряемые в странах Западной Европы, США и особенно в Японии. Интерес к ним не удивителен, учитывая, что, в зависимости от назначения помещений, на освещение может расходоваться до 60% общего электропотребления жилых и офисных зданий. По некоторым расчетам специалистов, разрабатывающих подобные решения в нашей стране, энергосберегающие системы освещения позволяют снизить затраты на освещение до 10 раз!

Энергосберегающий эффект основан на том, что свет включается автоматически, именно когда он нужен.

Список используемых источников:

1. Коптев Ю.И. Солнце работает на нас. — Л. «Детская литература», 1983. — 95 с.
2. Михеев А.В. Охрана природы. — М.: Высшая школа, 2000. — 130 с.
3. Рюмина Е.В. Анализ эколого-экономических взаимодействий. — М., «Просвещение», 2000. — 221с.
4. Фортвов Е. В. Энергосбережение — перспективный вид бизнеса. — Энергополис, 2009. — № 1.

### **Разработка чат-бота для абитуриентов вузов**

Онищенко О.В., Рукавичников А.Е., Есмамбетов М.К.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Одной из насущных проблем, которая стоит перед выпускниками после окончания школы, является выбор вуза для дальнейшего поступления. Получение полной информации об учебных заведениях, а именно, имеющихся направлениях подготовки, проходных баллов, наличии общежития, военной кафедры и т.п., требует значительного времени на поиск информации в Интернете, просмотр видеороликов на Youtube или общение с сотрудниками приемных комиссий вузов. Тогда как намного удобнее было бы получать подобные сведения в одном месте. Решением этой проблемы может являться создание чат-бота в Телеграмме.

Данная работа посвящена разработке бота «Wendy», который будет функционировать в виде открытого Телеграм-канала. Система позволит пользователям получать всю необходимую информацию на основе формируемых запросов. Взаимодействие с ботом будет происходить в следующем порядке:

- 1) Регистрация.
- 2) Выбор предметов, которые сдавал абитуриент.
- 3) Заполнение баллов по каждому предмету.
- 4) Нажатие на кнопку «Предоставить список вузов».

В результате выполнения вышеперечисленных шагов бот на основе заданных параметров формирует и выводит список высших учебных заведений и дополнительную информацию о них.

В предоставляемых пользователю сведениях будут указаны: количество проходных баллов по каждому из предметов, обязательные предметы для поступления, местоположение вуза, наличие военной кафедры, количество бюджетных и платных мест. Помимо этого, результат запроса будет содержать информацию о том, есть ли в учебном заведении возможность заселения в общежитие, стоимость обучения и ссылка на официальный сайт вуза.

Программная реализация бота выполнена на основе современного языка программирования Java с использованием интегрированной среды разработки IntelliJ IDEA. В качестве дополнительных инструментов применены библиотеки Lombok, SQL, Hikari, TelegramBot. База данных приложения хранит данные о российских вузах, полученные с официальных сайтов в Интернете.

В результате использования чат-бота «Wendy» абитуриенты получают возможность оперативно получать всю необходимую информацию о высших учебных заведениях в любое время.

## **Разработка проекта обеспечения устойчивого получения сигнала антенных систем с использованием технологии LIDAR**

Павлов В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Искусственные спутники Земли (ИСЗ) — космические летательные аппараты, которые выводятся на околоземные орбиты. Их основное предназначение — прием и передача информации. Для осуществления данной задачи используются антенные станции следующих видов:

1. Приемные антенны предназначены только для приема информации. К таким типам можно отнести антенны, получающие телеметрическую информацию.

2. Передающие антенны предназначены для выдачи команд управления спутником.

3. Приемо-передающие антенны выполняют функции приема и выдачи информации.

Немаловажным фактором для приема сигнала является местность и объекты, находящиеся рядом с антенной станцией. Так, например, если антенна установлена рядом с объектами по высоте, превышающие её, то происходит потеря сигнала вследствие возникновения зоны закрытия. Зона закрытия — это область рабочей зоны антенны, в которой сигнал с космическим аппаратом отсутствует. В случае отсутствия сигнала между спутником и антенной станцией прием и передача информации невозможна.

Для определения зон закрытия предлагается использовать метод, использующий технологию LIDAR (Light Identification, Detection And Ranging) — это технология измерения расстояния путем излучения света и замера времени возвращения отражённого света на приёмник. В основе технологии лежит получение и обработка данных о различных удаленных объектах при помощи оптической системы.

При использовании технологии LIDAR предлагается следующий метод вычисления зон закрытия:

1. Вводятся следующие обозначения: азимут антенны —  $\alpha$ , угол места антенны —  $\beta$ .

2. Оператор производит установку и закрепление аппарата, использующего технологию LIDAR, на антенну.

3. Положение антенны ставят в начальную координату ( $\alpha = 0$ ;  $\beta = 0$ ).

4. Производят замеры с изменением  $\alpha$  в диапазоне  $[0;360]$ , шаг изменения равен 1.

5. Увеличивают  $\beta$  на 1 и повторяют пункт 4 до тех пор, пока  $\beta$  не станет равным 90.

Результат замеров записываются в текстовый файл, строится 3D-модель местности вокруг антенны и диаграмма зон закрытия. Сами результаты представляют собой следующие данные:

- Азимут антенны ( $\alpha$ );
- Угол места ( $\beta$ );
- Расстояние от антенны до объекта ( $l$ );
- Время замеров ( $t$ ).

Азимут антенны ( $\alpha$ ) и угол места ( $\beta$ ) получают от датчиков самой антенны. Расстояние от антенны до объекта ( $l$ ) получают от прибора с технологией LIDAR. Данный прибор излучает лазер, направленный на объект, отражается от объекта и возвращается обратно.

Модернизация работы антенной системы при помощи технологии LIDAR позволит, не меняя характеристики антенны, определять зоны закрытия, а также автоматически рассчитывать длительность зоны закрытия во время сеансов связи.

### **Автоматизация проведения вакуумных испытаний космических аппаратов**

Сапкалов В.А.

Научный руководитель — доцент, Сизов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Каждый отказ космического аппарата – это многомиллионные убытки и снижение конкурентоспособности национальной космической отрасли в целом. Современные изделия космической техники нового поколения должны отвечать повышенным требованиям по точностным, ресурсным и эксплуатационным характеристикам, особенно по стойкости космических аппаратов к факторам открытого космического пространства, которые влияют на надёжность и срок активного существования.

Для обеспечения надёжности и безотказности КА первостепенное значение имеют комплексные наземные испытания. В этом случае изделие подвергают испытаниям при различных режимах работы. Проводят изменения параметров имитационных нагрузок, особенно в период вакуумных испытаний. Процесс испытаний, в зависимости от класса КА и срока его существования может длиться несколько суток и более. Испытания, как сложный технологический процесс, являются дорогостоящими, предъявляющие высокие требования как техническим системам, так и к обслуживающему персоналу комплекса.

Для обеспечения минимального влияния обслуживающего персонала на технологический процесс наземной отработки КА, особенно при проведении проверочных включений бортовых систем и вакуумных испытаниях, требуется широкое внедрение автоматизированных систем контроля за процессами испытаний.

В данной работе предлагается снизить число операций связанных с контролем со стороны технического персонала испытательных комплексов, что позволит:

- Улучшить эффективность и качество проведенных работ;
- Минимизировать вероятность несанкционированных действий технического персонала;
- Обеспечить непрерывный контроль за операциями технологического цикла испытаний;
- Снизить количество персонала, задействованного на работах;
- Повысить точность контролируемых параметров.

Список используемых источников:

1. Жежера И.Н. Автоматизация испытаний изделий на герметичность — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. — 475 с.
2. Нано-индустрия. Научно-технический журнал — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.nanoindustry.su/journal/article/2761> (дата обращения 01.03.2023)
3. В. Н. Гушин, Основы устройства космических аппаратов, Учебник для вузов, Машиностроение, М., 2003, 272 с.
4. Кемеров В.Н., Нестеров С.Б. Вакуумная техника и технология: — М.: Издательство МЭИ, 2002. — 84 с. ISBN 5-7046-0840-X

### **Система поддержки принятия решений при назначении лечения заболевания**

Спандияр С.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Правильная диагностика и выбор действенного лечения заболевания являются главной задачей врача и медицины в целом. Каждый пациент требует особого внимания в зависимости от сопутствующих заболеваний, пола, возраста, переносимости лекарственных средств и т.д. Учет всех критериев может привести к большой нагрузке врачей.

Современные технологии позволяют решить данную проблему разными методами. Одним из таких является использование нейросетевых систем.

Существует программное обеспечение диагностики заболеваний, которое по медицинским изображениям определяет и предлагает врачу тот или иной диагноз. Также система выполняет множество дополнительных функций для автоматизации работы врача (заполнение базы данных пациентов, ведение истории болезни и медицинской книжки пациента, полуавтоматическое заполнение рецепта, заполнение справок и запись на следующий прием).

В представленной работе предлагается дополнение указанной системы путем добавления функции поддержки принятия решений при назначении лечения. Входными данными для этой системы являются личные данные пациента: пол, возраст; наследственные болезни; сопутствующие заболевания; диагноз и результаты анализов пациента. На выходе специалисту будет предложено несколько вариантов лечения пациента, а врач, с учетом всех критериев и предложений, назначает лечение.

В системе также учтена возможность отслеживания динамики заболевания. Таким образом, можно выявить, как действует выбранное лечение для данного пациента, так же прогнозировать результаты лечения с помощью методов многокритериального прогнозирования.

Разработка данного продукта позволит уменьшить загруженность работу специалиста (врача) путем уточнения постановки диагноза, выбора лечения и отслеживания динамики заболевания, оптимизируется время работы, так как врачебная документация будет оформляться автоматически. Внедрение такой программы даст возможность уменьшения погрешности постановки диагноза и назначения лечения в случае отсутствия необходимого специалиста.

## **Управление деловой карьерой персонала организации**

Танатарова А.К.

Научный руководитель — Альмухаметова Э.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Рациональное применение и расстановка человеческих ресурсов в деятельности любого хозяйствующего субъекта это приоритетное направление для результативной работы любой компании.

Насколько грамотно и верно осуществлена расстановка персонала в организации, видно по результатам деятельности фирмы, которые выражаются в ее стабильном благополучии на долгосрочную перспективу. Система управления персоналом — это концепция управления человеческими ресурсами, в основе которой отражены мероприятия компании по приему, передвижению; подготовке; сокращению; повышению производительности труда сотрудников путем мотивационных и стимулирующих действий со стороны хозяйствующего субъекта. Каждый сотрудник для того, чтобы быть востребованным и получать достойную оплату труда должен научиться управлять своей деловой карьерой.

Целью исследования является совершенствование управления деловой карьерой персонала организации.

Содержательный аспект деловой карьеры состоит в том, что индивидосознано получает лучшее образование, проходит курсы саморазвития для того, чтобы быть конкурентоспособным в своей фирме и отрасли, в которой он осуществляет деятельность. Субстанциональный аспект деловой карьеры основан на том, что индивид ищет свое место в жизни, ищет ту работу, в которой он сможет реализовать свои навыки и умения, чтобы достичь определенной рыночной ниши и зарекомендовать себя как успешного и грамотного специалиста. Сочетание внутренних и внешних сил человека, с помощью которых он удовлетворяет свои личные индивидуальные потребности становления себя как профессионала в той или иной области представляет собой структурный аспект деловой карьеры. Данный аспект помогает индивиду структурировать свои способности и ценностные ориентации для достижения карьерного роста. Спланировать деловую карьеру

работника помогает функциональный аспект, который сочетает в себе систему тактик человека направленных на достижение определенной должности. Морфологический аспект основан на том, что индивид достигает результатов карьерного роста, продвигаясь постепенно из одной должности в другую, изучая при этом подробно все функциональные обязанности сегодняшней и будущей должности. Управление карьерой сводится к мероприятиям проводимых кадровыми службами, которые выявляют лиц с высоким потенциалом продвижения.

Список используемых источников:

1. Михайлова, А.В. Инструменты развития деловой карьеры в российских предприятиях: социологический анализ / А.В. Михайлова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Амосова. — 2020. — №3 (19). — С. 30—42.
2. Новиков, А.С. Применение комплекса технологий оценки как основа социально-экономической эффективности системы оценки труда персонала / А.С. Новиков // Интеграция наук. — 2019. — №2(25). — С. 159—162.

### **Разработка программного обеспечения расчета координат положения отделяющихся частей летательных аппаратов методом оптической триангуляции**

Хамзин Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Запуски космических аппаратов представляют собой сложный процесс, который включает в себя различные этапы, такие как выведение летательного аппарата (ЛА) на орбиту, последующую отстыковку и падение на землю их отделяющихся частей (ОЧ). ОЧ представляют существенную опасность для жизни и имущества людей, а также загрязнение окружающей среды, поэтому обеспечение безопасного падения является важной задачей. Для минимизации этих рисков под предполагаемые места падения отделяющихся частей ЛА выделяются в специальные территории, которые называются районами падения.

Территории определяются с помощью спрогнозированных расчетов, основанных на данных траектории полета и динамических характеристиках ЛА. По мере приближения ОЧ ЛА к Земле точность расчетов параметров, таких как скорость, траектория и точное место падения улучшается, что приводит к уточнению размеров и границ районов падения. Для этого необходимо решить задачу о применении специализированных технических средств для поиска, обнаружения и расчета траектории падения фрагментов ОЧ ЛА. Одним из методов, который используется для определения координат траектории, является метод триангуляции, позволяющий достаточно точно определить координаты траектории по угловым параметрам между объектом и фиксированными точками на земле. Кроме того, этот метод достаточно прост в применении и не требует использования сложного оборудования.

Метод триангуляции предполагает определение координат зоны посадки путем измерения углов между ОЧ ЛА и несколькими измерительными средствами на земле. Существует несколько различных методов триангуляции, которые могут быть использованы для определения координат точек падения ОЧ ЛА:

1. Геодезическая триангуляция. Данный метод основан на измерении углов между тремя известными точками, образующими треугольник, и последующем использовании тригонометрических расчетов для определения расстояния между этими точками и неизвестной точкой. Геодезическая триангуляция требует высокоточных измерительных приборов и квалифицированных специалистов и часто используется в сочетании со спутниковыми системами позиционирования, такими как GPS, для дальнейшего повышения точности.

2. Радиолокационная триангуляция — это метод определения координат объекта путем измерения времени прохождения и фазы радиоволн, отраженных от объекта, с

использованием нескольких радиолокаторов с известными координатами. Однако для использования данного метода требуется дорогостоящее специализированное оборудование и квалифицированные специалисты.

3. Оптическая триангуляция представляет собой метод измерений, основанный на использовании оптических приборов для определения углов между объектами в небе и измерительными средствами. Этот метод является наиболее доступным и экономически эффективным из всех методов триангуляции. И несмотря на большую зависимость от метеоусловий (погоды) данный метод позволит спрогнозировать точку падения ОЧ и фрагментов и сузить зону поиска.

Разработанное программное обеспечение (ПО) представляет собой реализацию метода оптической триангуляции для вычисления положения ОЧ ЛА, основанного на фиксации угловых параметров ОЧ с помощью нескольких мобильных устройств. Для реализации используются различные вычисления и уравнения для определения положения точек ОЧ в небе, включая преобразование координат широты и долготы в геоцентрические координаты (Earth-centered, Earth-fixed coordinate system), вычисление единичных векторов линий визирования измерительных средств (мобильных устройств) и использование направляющих косинусов для преобразования местных координат в ECEF.

Программное обеспечение было протестировано путем фотофиксации ЛА (самолета) и угловых параметров (углов азимута и места), координат местоположения измерительных средств (двух операторов со смартфонами). Для проверки результатов работы ПО использовалось стороннее приложение — Flightradar24, с помощью которого сравнивалась истинная траектория полета самолета с рассчитанной.

Список используемых источников:

1. Егоров В.В. Триангуляция — проблемы расчета // T-Comm #5. — 2014
2. Хамзин Р.Р. Мобильное приложение на базе ОС Android для видеофиксации динамических объектов // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVII Гагаринские чтения 2021. Байконур, 27 марта 2021 г. — М.: Издательство «Перо», 2021. — С. 1498.
3. Малютина О.А., Кузнецов А.Г., Сорокин К.Е. Моделирование движения отделяющихся частей современных ракет-носителей с учетом углового положения // Инновации и инвестиции. — 2021.
4. Колодяжный А.Н. Методы и алгоритмы обработки траекторных измерений: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2012. — 84 с.: ил

## **Четыре замечательные точки треугольника**

Швед С.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

ГБОУ СШ №1, Байконур, Казахстан

Треугольник — одна из самых простых и вместе с тем важных геометрических фигур.

При изучении треугольников на уроках геометрии каждый школьник знакомится с такими базовыми понятиями как: биссектриса, медиана, высота и серединный перпендикуляр.

С треугольником связаны четыре точки: точка пересечения медиан (является центром треугольника), точка пересечения биссектрис (является центром вписанной окружности), точка пересечения серединных перпендикуляров (является центром описанной окружности) и точка пересечения высот (ортоцентр треугольника). Эти четыре точки называются замечательными точками треугольника.

При этом, если в треугольнике провести биссектрисы, медианы, высоты или серединные перпендикуляры, то их точки, в свою очередь, могут образовать четырёхугольник.

Целью данной работы является создание программы для расчёта четырёх замечательных точек треугольника на основе координат вершин треугольника, вычисление площади образованного четырёхугольника.

Выполнение работы включает в себя следующие этапы:

- 1) Изучение свойств и теорем четырех точек треугольника.
- 2) Изучение функций языка программирования Python для работы с декартовой системой координат.

3) Решение задачи и разработка приложения для её реализации.

Разработанная программа может использоваться для проверки результатов расчетов, выполненных вручную, для определения центра описанной или вписанной окружности при построении чертежей, для определения координат центра тяжести для плоского треугольника изготовленного из одного материала.

Список используемых источников:

1. Л.С. Атанасян, В.Ф. Бутузов, С.Б. Кодомцев, Э.Г. Позняк, И.И. Юдина. Геометрия. 7—9 классы: учебник для общеобразовательных организаций — 10-е издание. М. Просвещение. 2019.

## **Разработка программного обеспечения для службы спецавтотранспорта авиапредприятия**

Шпарталов К.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

В настоящее время в службе спецавтотранспорта авиапредприятия главной проблемой является формирование плана-графика работников службы для плановых и внеплановых (выпадения снега, внеплановый рейс, гололед и т.п.) работ. Зачастую при формировании плана производятся корректировки, причиной которой является отсутствие работника на рабочем месте, а также возникновение переработки работников. При этом, поскольку план составляется вручную, на это уходит значительное количество времени. Таким образом, возникает необходимость автоматизации данного процесса.

Авиапредприятие может создавать службы и устанавливает их количество в зависимости от объема перевозок и различных видов работ, а также от количества сооружений, находящихся в авиапредприятии, связанных с обслуживанием воздушных судов.

Одной из важнейших служб, созданных авиапредприятием, является служба спецавтотранспорта, которая выделяет необходимый спецавтотранспорт на обслуживание воздушного судна, также на отчистку полосы после выпадения осадков, выделяет спецавтотранспорт на помощь другим службам, а также для осуществления аварийно-спасательных работ (карета скорой помощи, пожарная машина и так далее) и обеспечения грузоперевозок в авиапредприятии.

Данная тема предназначена для разработки программного обеспечения, позволяющего осуществлять планирование численности персонала для плановых и внеплановых работ, рассчитывать затраты труда на количество спецавтотранспорта с учетом различных факторов: переработка, выход в отпуск, выход техники из строя и прочее.

Список используемых источников:

1. Службы аэропорта, наземное обеспечение полетов. URL: <https://studfile.net/preview/6894421/page:34/> (дата обращения: 27.02.2022).

# Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)

---

## Вектор применения иммерсивных технологий

Аженов Н.А., Аженов А.А.

Научный руководитель — к.э.н. Илова А.А.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Цель работы заключается в исследовании вектора иммерсивной технологии и информационного моделирования (ТИМ).

Стремительные темпы роста производительности труда так же связаны и с развитием иммерсивной технологии: VR (виртуальная реальность) и AR (дополненная реальность).

VR-система погружает человека в сгенерированную реальность с помощью таких устройств как шлем, перчатки. В таком мире, возможно, создавать модели изделий, комплексов и городов. VR-система является изолированной, она не оказывает воздействие на реальность в отличие от дополненной реальности, а действует на органы чувств человека.

AR-система — комплекс технологий, который дополняет действительность смоделированными объектами с помощью компьютера, иммерсивных комнат и других устройств.

Разработка технологии расширенной реальности в России даёт возможность сформировать почву для развития промышленности, военной техники и отрасли, связанной с добычей полезных ископаемых. Молодые специалисты будут иметь возможность получить практику на месте обучения. VR-технологии позволят людям получить опыт работы в виртуальной среде. В будущем, возможно, появятся специальные очки с голографическим экраном, которые будут изображать виртуальный объект в реальности. Благодаря этому устройству инженер жестами сможет смоделировать конструкторское изделие.

В последнее время популярность виртуальной реальности снижается. Это связано с тем, что обслуживающее оборудование довольно дорогое, неудобное для постоянной работы и габаритное. В России мало VR- и AR-специалистов, потому и недостаточно информации о возможностях данной технологии. Слаборазвитое программное обеспечение и недостаток систем автоматизированного проектирования ограничивают развитие иммерсивной реальности.

Проектирование изделия, чертежа или объекта должно быть скорым и понятным конструктору и мастеру, а также комфортным в использовании. В ТИМ-системе участники проекта взаимосвязаны друг с другом, что обеспечивает эффективность моделирования. Существует возможность создания сразу нескольких вариантов одной модели. Параметрическое управление системой позволит специалисту внести изменения во все виды объекта, сделав это только на одном. За счет автоматической проверки уменьшается вероятность ошибки на проектном этапе и этапе экспертизы, что сокращает время анализа модели в 6 раз.

В качестве основных проектных программных комплексов для информационного моделирования используются AutoDeskInventor и AutoDeskAutoCad. Они популярны не только в России, но и во всем мире.

В последнее время, а именно после начала импортозамещения, на рынке продажи ТИМ — в лидерах закрепились две крупнейшие отечественные компании — проект ГК «СиСофт» и компания RengaSoftware под руководством М. Бочарова и Е. Шувалова соответственно.

Исходя из исследования Минстрой РФ, применение этой технологии даст возможность предоставлять заказчику доскональную информацию о модели объекта. ТИМ система используется специалистами на всем жизненном цикле объекта. Данная технология «прозрачна» и контролируема. Расходы на материалы, разработку, обслуживание и многое другое будут постоянно отслеживаться программой, благодаря которой значительно уменьшится уровень коррупции.

Внедрение в российский рынок ТИМ-систем — прекрасный пример импортозамещения. Так, ModelStudioCS после ухода западных организаций из России объявила, что готова заменить 10 компаний, среди которых AutoDesk. Однако все же большинство российских компаний не перешли на 3D-модели, и это надо исправлять.

ТИМ — это инновационный метод проектирования, включающий в себя все самые необходимые сведения о модели объекта. Но такую масштабную систему реализовать непросто, и порой ее применение оборачивается крахом. К примеру, планировалось в Crossrail создать две скоростные железные дороги в Лондоне: настоящая и смоделированная. Из-за того, что ТИМ занимает больше времени, чем другие виды проектирования, разработка модели затянулась. Информационная модель была готова к 2012 году. Вместо запланированного 2017 года дату открытия перенесли на 2018 год. На данный момент строительство идет до сих пор.

Результаты исследования показали, что VR- и AR-технологии являются многообещающим инструментом компьютерного моделирования. Иммерсивные реальности могут стать заключительным этапом четвертой промышленной революции. Говорить о массовом производстве технологии информационного моделирования пока не стоит, однако это не значит, что развивать и совершенствовать её бессмысленно. Нужно инвестировать, в первую очередь, в подготовку кадров, разработку качественного программного обеспечения и распространять ТИМ с помощью средств массовой информации, что позволит построить и конструктивно расширить навыки выпускников технических вузов.

Список используемых источников:

1. Громов Н.Д., Сапрыкин Д.А. Существующие технологии иммерсивной реальности на современном рынке // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2021. №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschestvuyuschie-tehnologii-immersivnoy-realnosti-na-sovremennom-rynke>.

2. Рахматулина Е.С. BIM-моделирование как элемент современного строительства // КиберЛенинка — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-modelirovanie-kak-element-sovremennogo-stroitelstva>.

3. Ямпольский А. BIM: что это было? // isicad — URL: [https://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=22525](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=22525).

4. ТИМ-системы: софт для строительства, который Россия успешно импортозаместила // Хабр — URL: <https://habr.com/ru/company/onlinepatent/blog/699296/>.

## **Энергия ветра. Или как получить электричество из воздуха**

Амренов Д.Р.

СОИШ №1, Ахтубинск

1) Альтернативная энергетика и ее виды.

Альтернативная энергетика — это совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии, которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования при, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде. Фундаментальным направлением альтернативной энергетики является поиск и использование нетрадиционных источников энергии (встречающиеся в окружающем мире вещества и процессы, которые замещают собой традиционные источники, работающие на нефти, угле и добываемом природном газе, которые способствуют росту парникового эффекта и глобальному потеплению, истощению ресурсов Земли). Виды энергетика: Солнце, вода, ветер, атом.

2) Ветроэнергетика, как одна из видов альтернативной энергетика. Её положительные и отрицательные стороны.

Ветроэнергетика — отрасль энергетика, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. Положительные стороны: уменьшение выбросов CO<sub>2</sub>, сохранение природных

ресурсов. Отрицательные: шум, искажение радиосигналов, занимает большие воздушные территории.

3) Изучение ландшафта и погодных условий Ахтубинского района.

Ахтубинский район значит своей большой территорией относительно других районов Астраханской области. Он разнообразен, славится обширными, необъятными равнинными степями, и длинными, широкими, похожими на вены с высоты птичьего полета, реками, холмами и пещерами. В Баскунчакском ландшафте распространены равнинные урочища. В книге «Озеро Баскунчак» Герман Моторин, изучавший геологию, гидрогеологию, геохимию Баскунчакского района, климатические условия и влияние пустыни на озере Баскунчак, пишет, что количество осадков незначительно (всего девяносто семь дней в году), но количество ясных дней всего сто восемнадцать. Число безветренных дней, или дней штиля — двадцать один день, что составляет одну семнадцатую от количества дней в году. При этом средняя скорость ветра в год — четыре целых и шесть десятых метра в секунду, а максимальная — тридцать два метра в секунду. Эти же цифры мы можем применить для большинства населенных пунктов нашего необъятного района.

4) Плюсы и минусы ветроустановки в нашем районе.

Как было сказано до этого, что Ахтубинский район имеет большую площадь территории, то мы можем расположить электростанцию на таком расстоянии, чтобы шум ее работы не был слышен, а воздушная площадь, занимаемая ветряком, не мешала никому. Так как лопасти находятся на определенной высоте, то площадь земли под ними можно использовать для сельского хозяйства. Из-за уменьшения подэлектростанций и трансформаторов электрического тока уменьшится расход средств на обслуживание, ремонт и создание их. Эти средства направятся на создание и обслуживание ветряков. Отсутствие низких температур, что обусловлено нахождением района на юге России, избавляет от еще одного минуса: замерзания смазок, используемые для уменьшения трения между механизмами установки. Могут заметить, что в нашей местности, а именно в Ахтубинском районе, ветроустановки имеют больше полюсов, чем минусов, относительно других видов альтернативной энергетики.

5) Вывод о том, что ветроэнергетика является наилучшим видом альтернативной энергии в Ахтубинском районе.

Из-за того, что ветроустановка не производит выбросы CO<sub>2</sub>, занимает минимальные площади, по сравнению с другими электростанциями, почти не вмешивается в флору и фауну, как это делают ГЭС, можно сделать вывод, что ветроэнергетика является лучшим из видов альтернативной энергетики.

6) Практическая часть

## **Применение алгоритма траекторного управления самолётом для решения пилотажно-навигационных задач**

Андреев А.И., Волков В.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Николаев С.В.  
Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В современном мире проводится форсированная компьютеризация и применение информационных технологий в науке и промышленности, особенно в авиационной. Решение пилотажно-навигационных задач требует обработки больших массивов данных по определенной линии траектории, траекторных углов в каждой точке полёта для оперативного контроля за полётом, исправлению возможных систематических погрешностей, что позволяет самолёту корректировать своё положение. Для этого студентами филиала «Взлёт» МАИ была разработана адаптивная модель с открытым кодом на базе языка МОП Simulink, позволяющая осуществлять полёт самолёта с получением необходимых параметров траектории в реальном времени, значительно облегчая решение задачи. Целью данной работы является создание пилотажно-навигационного комплекса и имитация полёта самолёта по заданным траекторным точкам и получение координат самолёта, скорости и

времени полёта в каждой из точек, а также сигналов о пересечении. В ходе работы, был использован метод компьютерного моделирования. Сборка алгоритма включала в себя создание модели самолёта на основе системы дифференциальных уравнений самолёта как твёрдого тела, блока САУ в виде автомата по курсу и блока навигации, состоящего из двух подблоков — слежения и запоминания. В процессе теста модели были заданы программы полёта по нескольким траекториям в виде набора точек, при прохождении которых блок слежения выдавал информацию о пересечении каждой из них. В это же время блок запоминания, в случае успешного прохождения точки, фиксировал и запоминал координаты самолёта, время пересечения, текущую скорость, после чего происходило переключение на следующую по курсу точку. Таким образом, происходило точное отслеживание основных навигационных параметров самолёта, которые пользователь может получить для проведения дальнейших расчётов. В ходе сравнительного анализа с аналитическим решением задачи было установлено, что модель с приемлемой для работы точностью выдаёт пригодные для исследований результаты. Важно отметить то, что открытый и достаточно простой код программы способствует дальнейшему улучшению и усложнению модели. Как следствие, для решения комплексных задач навигации и симуляции испытаний летательных аппаратов на базе данного алгоритма можно проводить модернизации и включение новых блоков, в которые будут передаваться полученные в исходном варианте данные.

Список используемых источников:

1. Николаев С.В. Моделирование систем и процессов // Москва: КНОРУС, 2022. — 224 с.
2. Черный М.А., Кораблин В.И. Воздушная навигация // Москва «ТРАНСПОРТ», 1991. — 432 с.

## **Дом на Марсе**

Валиева А.Б.

СОШ №1, Ахтубинск

1) Необходимость заселения других планет. В настоящее время ситуация на Земле ухудшается с каждым годом. Многие учёные задумываются о решении всех проблем сразу, нередко рассматривая вероятность колонизации планет. Колонизация увеличивает вероятность, что человечество сохранится при глобальных земных катастрофах, тем самым получается как бы создание резервной копии человечества в космическом пространстве.

2) Почему именно Марс? На сегодняшний день Марс является наиболее привлекательным объектом для потенциальной колонизации. План колонизации Марса привлекает человечество в первую очередь из-за большого запаса различных полезных ископаемых на планете: меди, железа, вольфрама, рения, урана и других. Стоит отметить большой запас кислорода на Марсе, в основном в соединении углекислого газа, который будет создавать парниковый эффект и повышать температуру.

3) Плюсы планеты. Главным фактором в возможности потенциальной колонизации планеты является наличие на Марсе атмосферы, хоть и не очень плотной, что гарантирует некоторую защиту от радиации, а также облегчает посадку космического корабля.

4) Минусы планеты. Одной из главных проблем для заселения Марса является низкая температура. Летом на экваторе она достигает +20 градусов Цельсия, но в средних широтах ближе к -50. Максимальная отметка температуры поверхности составляет порядка +30 °C (в полдень на экваторе), минимальная – 153 °C (зимой на полюсах).

5) Факторы, которые необходимо учесть:

Сельское хозяйство и животноводство. Независимо от того, чем будут заниматься колонизаторы на Марсе, одно можно сказать наверняка: им нужно будет чем-то питаться.

Производство кислорода. Атмосфера Марса куда менее плотная, чем земная. Она почти на 96% состоит из углекислого газа, поэтому просто так подышать полной грудью на Красной планете не получится. Для работы на поверхности планеты людям придётся надевать скафандры, в которые будет подаваться кислород. Его придётся подавать и во все помещения на марсианской станции.

Одежда. Низкие температуры, малое количество солнечного света, сложные условия передвижения, требующие хорошей физической подготовки, — всё это будет требовать специальную одежду (термобелье, сверхпрочные ткани).

Медицина. Путешествие на Марс и, уж тем более, продолжительное пребывание на Красной планете сопряжены с рядом трудностей и рисками для здоровья человека. Причины: отсутствие гравитации, высокий уровень радиации, сложности с гигиеной — этот список можно продолжать.

б) Польза от реализации проекта. Практическое значение колонизации Марса обусловлено необходимостью обеспечить нормальное существование и развитие человечества. С течением времени рост населения Земли, экологические и климатические изменения могут создать ситуацию, когда недостаток пригодной для обитания территории поставит под угрозу дальнейшее существование и развитие земной цивилизации. Похожесть Марса на Землю определяет большую ценность Марса для геологии, и при наличии жизни — для биологии.

## **Исследование характера движения тела в вязкой среде**

Куташов Д.А.

Научный руководитель — Крухмалёва Л.Л.

СОШ №4, Ахтубинск

В начале проектной работы я поставил некоторые задачи: Провести эксперименты с участием тел сферической формы в вязкой среде. Выяснить, какие силы действуют на тело при движении в вязкой среде. Сделать таблицы, с показаниями полученными в ходе экспериментов. Построить графики зависимости. Сделать выводы.

В проекте я рассмотрел теорию вязкости, то же определение вязкости, примеры вязких веществ. Также рассмотрел теорию о числе Рейнольдса и обтекаемости.

После этого я выводил формулы, для нахождения вязкости, а также чисел Рейнольдса. После были проведены эксперименты по нахождению значений пути от времени, а также скорости движения шарика от квадрата радиуса. После этого были построены таблицы с полученными значениями. Далее на основе значений, полученных из эксперимента, а также записанных в таблицу, были построены графики зависимости пути от времени, а также скорости движения шарика от квадрата радиуса. После этого были найдены значения вязкости и чисел Рейнольдса при помощи выведенных формул, значений, полученных в ходе эксперимента, а также записанных в таблицу, и графиков зависимости.

В итоге я выполнил поставленные задачи: Мы изучили понятие вязкости, а также мы рассмотрели примеры вязких веществ, теорию обтекаемости тел и числа Рейнольдса. Мы смогли вывести формулу для нахождения динамической вязкости и чисел Рейнольдса. Был проведен и описан виртуальный эксперимент по исследованию характера движения тела в вязкой среде при помощи приложения на компьютере. Также при помощи виртуального приложения и информации, полученной на основе первых экспериментов, мы построили графики зависимости пути от времени и скорости движения от квадрата радиуса в разных жидкостях. Используя данные из экспериментов, а также выведенных формул, были получены значения вязкости и чисел Рейнольдса для двух жидкостей: глицерина и касторки. По завершении экспериментов, мы смогли рассказать о применении теории вязкости в авиации.

Список используемых источников:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. М.: Наука 2008- 2014 г.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. — М.: Академия, 2008-2014
3. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ». [Электронный ресурс]: <https://lektsii.org/6-69588.html> .
4. Обтекание тел. Лобовое сопротивление. [Электронный ресурс]: <https://helpiks.org/6-19736.html>

## **Автоматизированная система расчёта соединений деталей полимерными клеями-герметиками и учёта расхода**

Кутузов Д.А., Балашов Е.А.

Научный руководитель — к.э.н. Илова А.А.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В летательных аппаратах большое количество подвижных частей цилиндрической формы и резьбовых соединений, также в авиастроении активно используются полимерные материалы для усиления различных креплений и устранения недостатков традиционных соединений.

Задачи, решаемые применением клеевых систем:

1. В резьбовых соединениях — устранить ослабление усилий затяжки и самоотвинчивания.
2. В трубных резьбовых соединениях — устранить ослабления усилий затяжки и самоотвинчивание, обеспечить герметичность.
3. В вал-втулочных соединениях — установить и фиксировать подшипники в корпуса или шестерни, звездочки и шкивы на валах, цилиндрические втулки и гильзы в корпусах, герметизировать заглушки.

Применение полимерных материалов в соединениях имеет ряд преимуществ: уменьшает внутреннее напряжение в соединениях; меняет обще-принятые способы соединения; снижает риск появления коррозии; повышает прочность, жесткость и надежность соединений; устраняет люфт в месте крепления; повышает максимальность статической и динамической нагрузки и момента; устраняет потребность в дополнительных фиксирующих элементах; равномерно распределяет нагрузки в местах соединения и снижает внутреннее напряжение в деталях; самоцентрирование подшипников, валов и втулок; соединение без деформации твердых и эластичных поверхностей; обеспечивает полностью герметичное соединение, что предотвращает попадание воздуха и воды в местах склеивания.

Экономический эффект: экономия трудовых затрат, уменьшение сортамента и количества применяемых деталей и материалов, уменьшение складской логистики, снижение стоимости механической обработки деталей, упрощение системы контроля, автоматизация расчётов при проектировании.

При конструировании и проектировании самолетов много времени уходит на расчет характеристик типовых соединений деталей различных цилиндрических форм — валов, втулок, винтов и многих других различных конструкций при полимерном соединении. Так же нужно делать подбор полимерных материалов для данных соединений с разными химическими и физическими характеристиками.

Для того чтобы облегчить, упростить и исключить возможные ошибки нужно сделать автоматическую систему расчета (технический онлайн калькулятор) данных характеристик, в которую можно внести типовые характеристики клеев и параметры детали. Она позволит до начала испытаний предварительно рассчитать и определить нагрузки, которые данное соединение может выдержать, а также расход на данное соединение, исходя из зазоров, толщин, площадей, усилий посадки. Фактическая прочность будет определена на основе натуральных испытаний.

Данный технический онлайн калькулятор облегчит работу конструкторов и проектировщиков, значительно ускорит данный процесс. Его можно будет использовать не только в проектировании авиационной техники, а также в машиностроении, автомобилестроении и др.

Использование калькулятора будет осуществляться через интернет-сайт для более удобного и быстрого доступа к нему. На сайте будет удобный, понятный интерфейс. Онлайн-сервис спроектирован на основе языка разметки HTML и CSS и языка программирования JavaScript.

В расчётах нужно будет учитывать следующие параметры:

1. статическое осевое усилие запрессовки (выпрессовки), кН;
2. статический крутящий момент, Нм;

3. номинальные диаметры соединений (или резьб), мм;
4. длина клеевого соединения, мм;
5. статическая прочность на сдвиг (данные производителя клеев-герметиков), Н/мм<sup>2</sup>;
6. поправочные коэффициенты;
7. действительный коэффициент трения.

Все используемые формулы можно будет найти во вкладке на этом же сайте. При этом можно добавлять все характеристики жидкостей и полимеров, рабочую температуру и другие внешние параметры.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт АО НИИ химии и технологии полимеров — Авиационная промышленность: Области применения — URL: <http://www.nicp.ru/ru/65/61/>
2. Официальный сайт ООО «Индастриал Партнер» Применение анаэробных составов Loctite (Локтайт) для фиксации цилиндрических соединений — URL: [http://loctite.glesale.ru/solutions/cyland\\_fix/](http://loctite.glesale.ru/solutions/cyland_fix/)

## **Компьютерные игры и их влияние на развитие школьников**

Полозков Н.Н.

Научный руководитель — Червоненко С.С.

СОШ №1, Ахтубинск

Вопросы компьютеризации, влияние компьютера на здоровье человека являются одной из важных проблем современности. Компьютер хоть и облегчает человеку жизнь, но в то же время может вызвать серьезную зависимость. Погружаясь в виртуальный мир, человек как бы отгораживается от реальности, перестает интересоваться окружающим. В основном компьютером пользуются молодежь и дети. Некоторые люди используют компьютер для работы, а другие для игр. Дети уже с детского садика играют не в куклы, не в машинки, а в компьютерные игры. И, конечно же, это оказывает большое влияние на характер, на здоровье, на отношения с родителями и друзьями.

Компьютер является одним из современных средств обучения, обладающий уникальными возможностями. Сочетая в себе возможности телевизора, видеомэгаффона, книг, калькулятора, являясь универсальной игрушкой, способной имитировать любые игрушки и игры. В наше время знакомство детей с компьютером происходит уже в детском саду, используя компьютерные игры.

Компьютер сегодня является неотъемлемой частью жизни многих людей. Но так было не всегда. Ученым понадобилось несколько столетий, чтобы создать то, что мы сегодня называем компьютером.

Первый прототип компьютера появился еще 1623 году. Именно тогда немецкий ученый Шикард создал аппарат, который мог выполнять сложение и вычитание.

Но настоящий прорыв в создании компьютера случился вначале 50-х. В США создали первую электронно-вычислительную машину (ЭВМ). Она уже имела собственную память и могла запомнить 1024 слова. Но ее минусом был размер: машина занимала 200 квадратных метров и весила 30 тонн. Уменьшить машину удалось в следующем десятилетии — тогда большие лампы заменили на маленькие транзисторы. В то же время были созданы первые языки программирования.

Не менее важным стало создание микропроцессора, благодаря которому ЭВМ мог выполнять сразу несколько программ. Это случилось в 1985 году, а в 1993 году появились микропроцессоры Intel Pentium. Создание процессора Pentium Pro позволило выпускать не только большие и дорогие ЭВМ, но и дешевые ПК для массового потребителя.

Конструкции компьютеров могут быть отнесены к трем основным этапам, которые называют поколениями. Компьютеры первого поколения были большими машинами, построенными на лампах. Более надежные и малогабаритные компьютеры на транзисторах считаются машинами второго поколения. Наконец, современные компьютеры на кремниевых микросхемах — это машины третьего поколения.

## Возможность создания пушки Гаусса в домашних условиях

Потапов Е.П.

Научный руководитель — Крухмалёва Л.Л.

СОШ №4, Ахтубинск

Название пушки происходит от имени немецкого ученого Карла Гаусса, который заложил основы математической теории электромагнетизма.

Изобретение принадлежит австрийскому инженеру, представителю венской школы пионеров «Космонавтики» Францу Оскару Лео-Эльдеру фон Гефту. Им было предложено использовать принцип метания снаряда с помощью катушечной электромагнитной пушки.

Принцип действия состоит в том, что снаряд изготовленный из ферромагнетика, вставляется в один из концов ствола. Когда в соленоиде протекает электрический ток, создается электромагнитное поле, которое притягивает снаряд, что в дальнейшем придает ему ускорение. В этом случае снаряд намагничивается в соответствии с полюсами электромагнитного клапана и, кажется, застревает в его центре, в результате чего снаряд, пройдя через центр электромагнитного клапана, движется в противоположном направлении, то есть он замедляется. Параметры ускорительных катушек, снаряда и конденсаторов должны быть настроены так, чтобы при выстреле, когда снаряд приближается к соленоиду, индукция магнитного поля в магнитном поле была максимальной, но резко падала по мере дальнейшего приближения снаряда.

Для создания пушки Гаусса в домашних условиях потребуется полый ствол (диэлектрик) и медная проволока. Дальше делают витки вокруг сердечника, каждый слой надо обернуть бумагой. Было намотано 260 витков медным проводом с диаметром 0,5 мм. Затем в схеме будет установлена лампочка накаливания для демонстрации заряда конденсатора. Дiod служит для подачи постоянного тока в конденсаторы и препятствию обратного тока в цепь питания. Дальше к схеме были подключены 4 конденсатора с параллельным соединением по 470 мкФ каждый и напряжением 200В. В конце соединяют ствол-соленоид со схемой. Все провода в цепи были изолированы. Итог рабочая пушка Гаусса.

Для расчёта КПД потребуется вычислить два параметра пушки Гаусса. Во-первых, нужно узнать полную механическую работу, совершаемой пушкой Гаусса в момент разряда конденсатора. Также узнать ёмкость каждого из установленных конденсаторов, так как их несколько нужно рассчитать среднюю ёмкость конденсатора. Зависимости от вида их соединения в моём случае параллельное соединение и находим среднюю ёмкость конденсатора 0,00188Ф. Напряжение при параллельном соединении во всех конденсаторах одинаково и равно 200В. Подставляем полученные данные в формулу и узнаём механическую работу 37,6 Дж. Для измерения времени полета и скорости используется баллистический маятник. По полученным данным найдена начальная скорость снаряда — 11м/с. Зная скорость, определяется кинетическая энергия — 0,25Дж. Последний этап — нахождение КПД пушки Гаусса  $\approx 0,65\%$ .

Главный критерий сравнения самодельной пушки Гаусса с пневматическим пистолетом МР-651КС — импульс пули: 0,044(кг\*м)/си, 0,05(кг\*м)/с, соответственно. Это показывает, что импульсы обоих орудий практически одинаковы. Также стоит помнить, что для подпитки энергией пушки Гаусса нужен аккумулятор с большой ёмкостью и отсутствие контакта с водой. Это делает пушку Гаусса не пригодной для использования в полевых условиях. А для использования пневматического пистолета понадобится только газовый баллончик CO<sub>2</sub>. Хорошим качеством пушки Гаусса будет являться её бесшумность и вариативность, а также цена сборки.

Теоретически возможно применение пушек Гаусса для запуска лёгких спутников на орбиту. Основное применение — любительские установки, демонстрация свойств ферромагнетиков. Также достаточно активно используется в качестве детской игрушки или развивающей технической творчество самодельной установки.

Также у пушки Гаусса есть еще одно ограничение — необходимо быстро отключить поле за снарядом и если вы этого не сделаете, поле за снарядом замедлит его, значительно

снизив эффективность запуска. Следовательно, можно сделать вывод, что классическая пушка Гаусса не подходит для вывода спутников на орбиту.

В ходе исследовательской работы был полностью изучен принцип работы пушки Гаусса и создан электромагнитный ускоритель масс в домашних условиях. Проведены эксперименты, в результате которых было вычислено КПД пушки Гаусса.

Список используемых источников:

1. Электронные Gauss gun — сказание о КПД: [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/174681/>

2. Исследование пушки Гаусса: [Электронный ресурс]. URL: <https://naukatehnika.com/elektromagnitnoe-oruzhie.html>

3. Космический старт с помощью модифицированной пушки Гаусса: [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/80/198/31951.php>

4. А.Потурий «ФИЗИКА для школьников 3 часть»: Научно-практический журнал: 2010 г. (15–2 стр.)

### **Моделирование работы индикатора кругового обзора радиолокационной станции в простых помеховых условиях**

Рутковский С.А., Коновской А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеров С.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В процессе обучения студентов радиотехнического направления, одной из дисциплин, на которых базируется понимание функционирования радиосистем, является «основы теории радиолокационных систем». Крайне важно в полной мере раскрыть обучающимся наиболее важные положения этой дисциплины. В противном случае, специалист на выходе из стен своего ВУЗа будет иметь недостаточный уровень необходимых компетенций для работы с радиолокационными системами. При изучении данной дисциплины не представляется возможным в лабораторных условиях ВУЗов использование полноразмерных установок и натурного моделирования, вследствие их габаритов и дороговизны проведения экспериментов. В данном случае способны помочь компьютерные модели радиолокационных систем в различных условиях.

В данной статье описана компьютерная модель индикатора радиолокационной станции (РЛС). Эта модель была разработана в среде MATLAB с использованием интерактивной среды программирования для разработки и размещения приложения и программирования его поведения App Designer, а также с использованием графического пользовательского интерфейса MATLAB GUI.

Модель индикатора радиолокационной станции состоит из одного файла программного кода. При работе с моделью пользователю предоставляется возможность выбрать траекторию движения объекта, засекаемого радиолокатором. В модели имеется три вида траекторий: движение по радиусу, движение по азимуту и нахождение на одном месте.

Кроме того, пользователю предлагается выбрать тип помеховой обстановки, идеальную или простую. В первом случае на индикаторе РЛС будут отсутствовать какие-либо помехи, во втором случае на индикаторе РЛС будут присутствовать помехи в виде сравнительно больших засветок от метеобразований.

Далее вводится кол-во оборотов луча РЛС в соответствующее поле.

При нажатии кнопки «Начать моделирование» начинается моделирование индикатора РЛС и всплывает графическое окно непосредственно с самим индикатором. На нём можно увидеть движение луча РЛС, а также то, как выглядят засекаемые лучом объект и помехи.

С помощью данной модели студенты имеют возможность наблюдать за тем, как выглядит индикатор РЛС во время работы без использования полноразмерных установок и натурного моделирования.

Список используемых источников:

1. Дьяконов В.П. MATLAB 7.\*/R2006/R2007: Самоучитель. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 768 с.: ил. ISBN 978-5-94074-424-5
2. docs.exponenta [официальный сайт]. URL: [https://docs.exponenta.ru/matlab/index.html?s\\_tid=CRUX\\_lftnav](https://docs.exponenta.ru/matlab/index.html?s_tid=CRUX_lftnav) (дата обращения: 01.02.2023)
3. Math Works [официальный сайт]. URL: <http://matlab.ru/> (дата обращения: 07.02.2023)
4. Анализ обстановки, отображаемой индикатором кругового обзора радиолокационной станции : учеб. пособие / С.В. Нестеров; МАИ (Нац. исслед. ун-т). — М. : МАИ, 2013. — 34 с. : ил. — (Учебное пособие). — Библиогр.: с.33 (7 назв.). — ISBN 978-5-4316-0168-2.

## **NanoCAD — один из вариантов импортозамещения инженерного программного обеспечения**

Семенова М.С., Тищенко О.В.

Научный руководитель — Окунева Т.Д.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Система автоматизации проектных работ (САПР) — организованную техническую систему автоматизации процесса проектирования, которая состоит из системы автоматизации, персонала, ряда технологий, программного обеспечения, позволяющие реализовывать выполнение функций проектирования.

AutoCAD является наиболее распространенной системой САПР в мире и может проектировать как в 2D, так и в 3D среде. Программа AutoCAD позволяет создавать модели, чертежи, дизайн и многое другое. AutoCAD — это платформа системы автоматизированного проектирования, которая означает, что она не заточена ни под одну из областей, в ней возможна работа над строительными, машиностроительными проектами, электрикой и многим другим.

С марта 2022 года многие крупные зарубежные компании отказались от сотрудничества с Россией. Компания «Autodesk» немедленно прекратила свою деятельность в России и полностью соблюдает все существующие санкции. Это послужило мощным толчком к процессу импортозамещения программного обеспечения. Еще в 2008 году было выпущено программное обеспечение «NanoCAD», созданное российской компанией «Нанософт», которое обладает подобным AutoCAD интерфейсом и функционалом. NanoCAD — от начала до конца является альтернативой AutoCAD.

NanoCAD — это САПР, разработанная для работы с отечественными стандартами. Она имеет интерфейс, схожий с AutoCAD, и напрямую поддерживает формат DWG, используя библиотеку Teigha, разработчик OpenDesignAlliance.

САПР системы обладают функциями для каждого этапа жизненного цикла продукта. Инженеры в процессе разработки имеют возможности:

- Расчета количества материала и времени производства;
- Оформления документации и эффективного принятия решений;
- Информационной поддержки и стратегического развития проекта;
- Доступа к технологиям параллельного проектирования изделий;
- Реалистичного математического моделирования;
- Контроля качества бизнес-процесса;
- Многократного использования готовых решений.

Стандартная версия позволяет инженеру осуществлять 3D-моделирование и выполнять геометрические построения, изменять текстовые и графические объекты, наносить размеры, разрабатывать технические наборы документов, а также редактировать заранее созданные проекты. Определенные функции зависят от конкретной программной и технологической сложности, с которой взаимодействует разработчик.

NanoCAD отличается от конкурирующих платформ максимальной доступностью с точки зрения бесплатности версии. Основная идея Нанософт, заключается в том, что ни одна программа, являясь электронным кульманом, не может называться САД-системой. Поэтому

как пользователи, так и разработчики приложений САПР должны иметь максимально доступную программу.

Требования к программному обеспечению NanoCAD:

Операционная система: MicrosoftWindows 11, MicrosoftWindows 10 (64-разрядная версия), MicrosoftWindows 8,1 (64-разрядная версия).

Процессор: тактовая частота от 2 ГГц или выше.

ОЗУ: от 4 до 16 Гб или выше.

Разрешение экрана монитора должно быть 1920 на 1080 пикселей.

Видеоадаптер: GPU с 4 Гб видеопамати.

(Поддержка OpenGL 2.1 или DirectX 11).

Дисковое пространство для установки программного обеспечения требует от 7 Гб или более [1].

Организациям упростили процесс лицензирования, дав возможность разместить лицензию на сервере для всех рабочих мест, так один компьютер имеет лицензию, она запрашивается и устанавливается на сервере организации, а пользователи со своих рабочих станций подключаются к серверу.

Лицензия используется только во время запуска программы, и может использоваться другими специалистами. Во время «простоя» программного обеспечения, сервер лицензирования автоматически контролирует выдачу и возврат лицензий. Этот механизм позволяет организациям повысить гибкость при лицензировании программного обеспечения.

Сетевые лицензии доступны только для платных программных продуктов. Их можно приобрести в рамках подписки или при покупке бокс-версии программного обеспечения ЗАО «Нанософт». Для использования бесплатной сетевой лицензии для платформы NanoCAD необходимо приобрести подписку на техническую поддержку.

Отдельно стоит отметить, что вузы получают софт бесплатно. Студенты высших и средних профессиональных учебных заведений имеют хорошую возможность расширить свои представления о чертежно-конструкторской деятельности, повысить качество графики и расширить кругозор, повышая свой образовательный уровень. Поэтому следует максимально внедрять данный продукт в учебный процесс.

Список используемых источников:

1. Сайт-платформа nanoCAD: [Сайт]. — URL: <https://www.nanocad.ru/products/platform/>
2. Официальный сайт компании «Autodesk»: [Сайт]. // Поддержка и обучение — URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/autocad?sort=score>
3. Электронный журнал «САПР-журнал» // Сравнение «AutoCAD» и «NanoCAD»: [Электронный ресурс]. — URL: <https://sapr-journal.ru/stati/sravnienie-autocad-i-nanocad-s-tochki-zreniya-polzovatelya-chast-1/>
4. Электронный справочник проектировщика // Что такое САПР?: [Электронный ресурс]. — URL: <https://seniga.ru/chto-takoe-sapr.html>

## **Двигатель внешнего сгорания**

Славский С.А.

СОШ №1, Ахтубинск

Двигатель внешнего сгорания-класс тепловых двигателей, где источник тепла или процесс сгорания топлива отделены от рабочего тела. При этом рабочее тело, циркулирующее в двигателе, нагревается вне двигателя и за счёт этого совершает работу. Рабочим телом может служить вода и водяной пар, либо благородные газы. Принцип работы двигателя внешнего сгорания заключается в постоянной смене режимов — нагревание/охлаждение рабочего материала, находящегося в замкнутом пространстве. Выбор таких веществ обусловлен дешевизной, достаточной теплоёмкостью паровой фазы (вода), либо низкой химической агрессивностью и высоким коэффициентом степени в уравнении состояния газа (1,66 для одноатомных газов). Несмотря на высокий КПД ртутно-паровых турбин, их применение в энергетике ограничено ввиду химической токсичности ртути. Двигатели внешнего сгорания имеют широчайшее применение в производстве

электроэнергии, а также в случае утилизации теплоты. В области транспорта их применение в последний век значительно сократилось. Развитие человеческой цивилизации требует постоянного источника энергии. В наше время индустрия автомобилестроения достигла такого уровня развития, при котором без базовых научных принципов сложно достичь улучшения конструкции традиционных двигателей внутреннего сгорания. Это вынудило конструкторов всё больше обращать внимание на проекты альтернативных силовых установок. Инженерные центры и автоконцерны подошли к этому вопросу по-разному. Одни сосредоточились на создании адаптации к серийному выпуску электрических и гибридных моделей силовой установки. Другие делают вложения в разработку двигателей, потребляющих топливо из возобновляемых источников. Я бы хотел чтобы двигатель внешнего сгорания в прошлом стал намного популярнее ведь он лучше и экологичнее двигателя внутреннего сгорания.

## **Нейронные сети в инженерии**

Сорокина Е.Е.

Научный руководитель — Окунева Т.Д.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Предметом исследования являются современные искусственные нейронные сети (далее — ИНС), направленные на решение поставленных задач.

Цель: изучение принципа работы и устройства ИНС.

Задачи:

1. Изучить алгоритм и принцип деятельности нейросетей.
2. Рассмотреть существующие сети, их возможности и применение на практике.
3. Исследовать возможность применения и реализации нейросетей в процессе обучения (в авиации, в инженерии).
4. Реализовать решение практических задач с применением нейросети.
5. Сделать вывод о практическом применении нейросети в обучении.

Основателями идеи о нейронных сетях считаются Уорен Маккалок и Уолтер Питтс. Их статья «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности», вышедшая в 1943 г., положила начало истории развития компьютерной модели нейросети. Ученые в своей работе опирались на математические алгоритмы и, конечно, на деятельность человеческого мозга. Далее шаг к развитию данной темы сделал канадский нейропсихолог Дональд Хебб своей книгой «Организация поведения», выпущенная в 1949 году, где он описал процесс самообучения ИНС.

Искусственная нейронная сеть — одно из направлений реализации искусственного интеллекта, программное представление, выстроенное по принципу работы и функционирования биологических нейронных клеток живого организма. Принцип работы нейросетей основан на машинном обучении, точнее на методе построения алгоритмов, которые способны к самостоятельному обучению. Применяется в ситуации, если человеческий разум не может найти четкое решение, можно использовать механизмы, которые сами составят алгоритмы и методы для поиска решения проблемы. Самым простым видом нейросетей является перцептрон.

Для разных задач применяются различные виды и типы нейронных сетей, среди которых можно выделить:

1. сверточные нейронные сети;
2. рекуррентные нейронные сети;
3. нейронную сеть Хопфилда.

В настоящее время существует множество видов ИНС, направленных на создание текстов, изображений, музыки и так далее. Изучив множество общедоступных Интернет-ресурсов, можно составить список наиболее успешных, популярных и функциональных сетей.

Основная идея работы ИНС заключается в моделировании способов решения задач, как уже говорилось ранее. Деятельность искусственных нейронных сетей основывается на уже

имеющийся опыт с данными, а также годится для решения задач, знакомых человеку. Основными областями применения ИНС являются сферы, где мозг человека малоэффективен, а стандартные традиционные способы решения плохо отражают реальные физические процессы и объекты.

Интересно рассмотреть применение нейросетей в инженерии и авиации. В настоящее время существует проблема создания «интеллектуальных» бортовых систем, которые смогут эффективно распознавать проявляющиеся отказы работы и осуществлять прогнозирование технического состояния на время, достаточное для безопасного завершения полета. То есть работа с обучаемыми автопилотами, адаптацией пилотирования поврежденного самолета и обучение беспилотных летательных аппаратов является актуальной проблемой для авиации в современных условиях.

В ходе проведенного исследования в работе с различными нейросетями было установлено, что разные генерирующие текст ИНС способны выдавать разные, неодинаковые ответы на поставленные вопросы, и в то же время одна и та же нейросеть способна на генерацию новых ответов при одинаковом запросе.

ИНС способны на все, но их работа в настоящее время некорректна. Проблема заключается в затруднительном процессе обучения нейросети решать поставленные задачи. Разработчику необходимо учитывать все детали и ошибки при обучении, иначе отсутствие необходимых данных приведет к сбою работы всей ИНС в целом.

Список используемых источников:

1. История появления нейронных сетей // GeekBrains — образование в IT URL: <https://gb.ru/blog/nejronnye-seti/>.

2. Что такое нейросети и где их используют // Совкомблог URL: [https://sovcombank.ru/blog/glossarii/chego-tolko-lyudi-ne-napletut-cto-takoe-neiroseti-i-gde-ih-ispolzuyut?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F%2Fh\\_73682771551673507936540](https://sovcombank.ru/blog/glossarii/chego-tolko-lyudi-ne-napletut-cto-takoe-neiroseti-i-gde-ih-ispolzuyut?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F%2Fh_73682771551673507936540)

## **Виртуальная реальность — перспективный инструмент в образовании**

Тищенко О.В., Семенова М.С.

Научный руководитель — Окунева Т.Д.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Мотивация учащихся является одним из наиболее эффективных способов повышения качества образования. Технология виртуальной реальности (VR — компьютерный мир, доступный с помощью иммерсивных устройств, таких как шлемы, перчатки и наушники) может коренным образом изменить концепцию обучения, а дополненная реальность (AR) добавить слои цифрового мира в реальный, видоизменяя пространство вокруг пользователя.

Применяя технологию виртуальной реальности к обучению, можно сделать учебные материалы понятными и интересными для студентов. 3D визуализация и игровые элементы позволяют полностью погрузиться в процесс обучения. Происходит предоставление прямого, а не теоретического опыта, уменьшение помех для восприятия информации, идентификация сложных явлений и объектов.

Ученые используют технологию виртуальной реальности для содействия пониманию и запоминанию материалов.

Совершенствование технологии виртуальной реальности недостаточно без расширения сферы их применения. На сегодняшний день технологии виртуальной реальности включают в:

классическую школу или университетское образование — они не заменят традиционный формат, но сэкономят время симулятором виртуальной реальности;

дистанционное обучение — возможность моделирования учебной программы в режиме реального времени, встретившись с преподавателями и студентами в разных городах в виртуальных классах.

С точки зрения разработки продукта, виртуальное производство можно разделить на виртуальное проектирование, цифровой аналог, виртуальное прототипирование и виртуальную фабрику.

Основная цель виртуального проектирования — позволить инженерам действовать интуитивно и естественно. В геометрических системах моделирования современные CAD системы предоставляют сложные инструменты моделирования, но взаимодействие между инженером и моделью ограничено. Возможности обзора ограничиваются изображением, спроектированным на мониторах, то есть с помощью мыши для точечных операций.

VR позволяет инженерам погружаться в виртуальные среды, создавать и изменять компоненты, управлять устройствами и взаимодействовать с виртуальными объектами во время разработки. Инженеры могут просматривать стереоскопические изображения виртуальных объектов и слушать реалистичные звуки пространства.

Хотя виртуальная реальность является нововведением, эти технологии успешно проявили себя на государственном уровне. Крупнейшие промышленные предприятия России сегодня все чаще внедряют технологии виртуальной и дополненной реальности. VR и AR технологии используют такие компании, как Госкорпорация «Роскосмос», ПАО «ОАК», ПАО ПНППК, ГК ЦНТУ «Динамика», АО «Вертолеты России», Ростех и другие. Такая крупная корпорация, как, например, Роскосмос начала тестировать системы дополненной реальности, которая в перспективе может использоваться космонавтами при работах в открытом космосе: искусственный интеллект распознает деталь, на специальные очки космонавту выводится необходимая информация о ней и указывается алгоритм по дальнейшей работе.

Отдельное направление — это применение VR и AR в образовании. Виртуальная реальность дает учащимся практический и теоретический опыт, объясняет сложные явления и объекты, повышает концентрацию внимания, увеличивает количество запоминаемой информации, улучшая процесс обучения. Важным центром VR-экспертизы в академической среде является Дальневосточный федеральный университет во Владивостоке, который одним из первых начал осваивать виртуальную среду в образовании, и первым, кто запустил магистерскую программу по дополненной и виртуальной реальности. Лаборатория VR и AR-инструментов также открыта в Южном федеральном университете в Ростове-на-Дону. Данная лаборатория предоставляет виртуальные среды для экспериментов математикам, аспирантам-физикам, которые проводят опыты по фотонике и квантовому вычислению. VR-лаборатории функционируют и в таких университетах, как МИСиС, Университете ИТМО, НИУ ВШЭ, Московском политехническом университете. В 2020 году в этих университетах запустили проект по моделированию научных и социальных процессов с использованием виртуальной среды. В рамках проекта ученые проектируют оборудование для освоения космоса, разрабатывают реальные образцы в области робототехники, информатики и биотехнологий.

МАИ в партнерстве с компаниями-лидерами IT-индустрии учат расширять границы реальности математическими методами и создавать иммерсивную виртуальную реальность. Это первая и единственная в стране полноценная образовательная программа, где все обучение заточено на разработку решений в области виртуальной и дополненной реальности.

В настоящее время растёт потребность в VR-специалистах для работы с данными технологиями, поэтому их стоит внедрять не только в федеральные ВУЗы, но и в региональные, и в их филиалы, в том числе в филиал «Взлёт» МАИ для обучения инженеров по специальности «Радио и электронно-вычислительные средства летательных аппаратов», как в общие дисциплины: физика, химия, так и в специальные: электроника, электродинамика и распространение радиоволн.

Список используемых источников:

1. В чем разница между VR и AR?: [сайт]. — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db179279a79472d7aa9e58a>

2. Виртуальная реальность в инженерии // Как VR и AR повышают безопасность: [сайт]. — URL: <https://vrgid.com/virtualnaya-realnost-v-inzhenerii/>

3. Виртуальная реальность в обучении: [сайт]. — URL: <https://webinar.ru/blog/virtualnaya-realnost-v-obuchenii/>

4. Виртуальная инженерия // Виртуальное проектирование: [сайт]. — URL: [https://studbooks.net/2279549/informatika/virtualnaya\\_inzheneriya](https://studbooks.net/2279549/informatika/virtualnaya_inzheneriya)

## Получение экологически чистой энергии

Яворская М.А.

СОИШ №1, Ахтубинск

Энергия является основой всех процессов на Земле и это то, благодаря чему существует жизнь на нашей планете. При этом она может быть очень разной. Так, тепло, звук, свет, электричество, микроволны могут продемонстрировать нам различные виды энергии. Большую часть энергии всё существующее на Земле получает от Солнца, но имеются и другие ее источники.

Поэтому актуальным вопросом современности является создание экологически чистых источников энергии.

Как и за счет каких источников человечество собирается покрывать всё возрастающие затраты энергии? Даже если энергетического кризиса удастся избежать, мир рано или поздно столкнется с тем, что запасы невозобновляемых сырьевых ресурсов — нефти, газа и угля — будут исчерпаны. Чем активнее мы их используем, тем меньше их остается и тем дороже они нам обходятся. Поэтому перед человечеством стоит задача освоения экологически чистых, возобновляемых источников энергии. Среди них лишь энергия Солнца и ветра поистине неисчерпаема и не вносит практически никаких изменений в природу.

Я задалась целью получить экологически чистую энергию с помощью ветряной турбины.

Задачи: 1. Изучить основные виды источников экологически чистой энергии.

2. Получить экологически чистую энергию с помощью ветряной турбины.

Энергия — скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие.

Энергия является мерой способности физической системы совершить работу, поэтому количественно энергия и работа выражаются в одних единицах (джоулях).

Солнце посылает в сторону Земли 20 миллионов эксаджоулей (ЭДж) в год.  $1 \text{ ЭДж} = 10^{18} \text{ Дж}$ . На Земле поступает примерно 25%. Из этой энергии 70% поглощается атмосферой, отражается и теряется. Непосредственно на поверхность Земли доходит 1,54 миллиона эксаджоулей в год. Большая часть энергии на поверхности нашей планеты превращается в тепло. Тепло греет землю, воду и воздух. Таким образом, резервы энергии, которые человечество может использовать вместо сжигания углеводородов, поистине безграничны.

Энергию солнечного излучения преобразовывают на Земле в тепловую и электрическую энергии с помощью пассивных и активных систем.

Солнечные электростанции являются перспективными, так как они экологически чисты, но их располагают в основном в южных регионах, так как именно там круглый год солнечная погода.

Ветер — неограниченный ресурс для производства электроэнергии. Он есть везде, бесконечен, экологически чист. Для того, чтобы кинетическую энергию ветра трансформировать в электрическую, необходимо использовать соответствующее оборудование. Наиболее распространенным устройством для преобразования является ветрогенератор. Это агрегат, состоящий из нескольких узлов, выполняющих задачи по приему, передаче и преобразованию энергии потока ветра в электричество.

Ветряные электростанции представляют собой несколько ветряных установок, объединенных между собой в единую сеть. Крупные станции могут включать в себя более

100 ветрогенераторов. Эффективным местом для установки ветровых электростанций являются участки с постоянным потоком ветра — холмистая местность, горы, прибрежные участки морей и океанов. В последние годы началось серийное производство ветрогенераторов мощностью до 2000 кВт.

Гидротермальные источники тепла — подземные воды естественного происхождения. Источником энергии для геотермических станций служат недра земли, в которых тепло накапливается за счет непрерывно происходящих в ядре процессов. Этот вид энергии относят к возобновляемым и экологичным.

Создание и реализация таких систем возможны только в местах, где геотермальные воды присутствуют в достаточном количестве и доступны для разработки.

Так как я заинтересована в добыче энергии с использованием экологических источников, то я буду получать эту энергию с помощью ветряной турбины, продемонстрирую её работу, сделав установку сама. Моя работа будет состоять из картонного дома, на котором будет находиться ветрогенератор, вырабатывающий электроэнергию.

Проделав такую большую работу, я изучила какие же экологически чистые источники энергии существуют на земле. И больше всего мне было интересно, как и где используют энергию от данных источников. Мне стало понятно, почему на нашей планете так мало экологичных источников энергии, все потому, что их строительство очень затратное, также некоторые из них могут располагаться только в специальных уголках нашей планеты, например геотермальные источники энергии. Поэтому странам не выгодно строить такие электростанции.

Список используемых источников:

- <https://obrazovaka.ru/fizika/ispolzovanie-energii-solnca-na-zemle.html>
- <https://energo.house/veter/preobrazovanie-ehnergii.html>
- <https://istochnikienergii.ru/drugie/geotermalnaya-energetika>
- [https://sitekid.ru/izobreteniya\\_i\\_tehnika/energiya\\_vody.html](https://sitekid.ru/izobreteniya_i_tehnika/energiya_vody.html)
- <https://geostart.ru/post/7111>
- <https://econrj.ru/stati/solnechnie-jelektrostantsii-i-vsjo-s-nimi-svjazannoe/vidi-istochnikov-jenergii-i-ih-vlijanie-na-okruzhajushhuju-sredu.html>
- <https://plusiminusi.ru/plyusy-i-minusy-etrovyyh-elektrostantsij/>
- Хандогина Е. К. Экологические основы природопользования : учеб. пособ. / Е. К. Хандогина. Н. А. Герасимова. — М. ФОРУМ — ИНФРА-М, 2007. — 160 с.

# Алфавитный указатель

## A

ALI M.I. 893  
Anna Maskaykina  
903

## B

Bintay Islam F.C. 893

## C

Chettri Aditya 894

## D

Daniel Esteban 898  
Daniel M.C. 898  
Dhiman Gaurav 895

## G

Goro Sekou 895

## H

Hoа Van Dong 896

## K

Kirti Vishwakarma  
897  
Korsun O.N. 895  
Kumar Abhishek 897  
Kurapati Bhavana  
897

## L

Ladino Brian 898  
Lee Byungho 899  
LIU RUI 899

## M

Morzhukhina Alena  
897

## S

Sharma Joshita 900  
Shayne Beegadhur  
893  
Shinde A.D. 901  
Singh Jasprit 901

## V

Vishwakarma Kirti  
902

## Y

Yahya R.A. 894  
Ye Chao 903

## Z

Zhang Yiwen 903  
Zrelou V.A. 893

## A

Абдаллах X.X. 224  
Абдикадыров Д.Н.  
905  
Абдрахманов Н.И.  
410  
Абдухаликов Е.Т.  
906

Абрамов Я.С. 22  
Абрамова О.В. 791  
Абрамова Ю.О. 431  
Аверина А.Д. 833  
Агаев Р.Н. 91  
Агальцов М.В. 748  
Агапова А.А. 787  
Агафонова Е.А. 749  
Агеев А.Г. 27  
Агишева А.С. 906  
Адилов М.Р. 907

Аженов А.А. 931  
Аженов Н.А. 931  
Азизова А.А. 215  
Акентьев А.С. 220  
Акилин В.И. 37, 80,  
81, 222, 273, 278  
Акилов М.С. 83  
Акулин П.В. 542  
Алашкин В.М. 116  
Александров Д.А.  
364

Алексеев А.О. 347  
Алексеев И.Е. 598,  
606  
Алексеев М.М. 200  
Алексеева П.А. 718  
Алексенцев А.А. 131  
Алешинский Е.В.  
876

Алещенко А.С. 234,  
324

Алимкина Д.А. 877  
Алимов А.П. 377  
Алпатов И.В. 528  
Алсаева О.С. 599,  
623, 624

Алтухов А.В. 908  
Альмухаметова Эльв  
ира 927

Аминов С.С. 225  
Амосова Т.В. 543  
Амренов Д.Р. 932  
Андреев А.А. 317  
Андреев А.И. 933  
Андреев П.С. 72  
Андреянов Н.С. 285  
Андрютин Н.Н. 63  
Аникин Г.С. 378  
Анисимов А.И. 410  
Анисимов В.М. 271,  
554

Анисимова А.С. 788  
Анисова Е.Н. 788,  
790  
Антимонов К.Д. 410  
Антимонова М.А.  
410

Антипина В.Э. 878  
Антипов А.А. 789  
Антонов В.А. 490  
Антонов И.М. 214,  
252

Антонов К.А. 201  
Антонов М.В. 171  
Анциферов А.П. 678  
Арбузов И.В. 78  
Арефин В.В. 507  
Арзамасов К.Д. 529  
Арипова О.В. 428  
Аристархов Д.А. 94  
Арсёнов А.В. 599  
Арсентьева А.И. 790  
Артёмова М.А. 785  
Арихцкая К.А. 184  
Арышенский Е.В.  
607

Асанов С.Т. 502, 750  
Асеев А.А. 95  
Асланян И.Р. 171,  
174, 175

- Астапов А.Н. 646, 656, 659  
Астафьев Е.А. 172, 180, 528  
Афанасьев А.А. 95  
Афанасьев В.А. 185, 187  
Афоничев Н.К. 481  
Ахметов Е.А. 791  
Ахунов М.Т. 364  
Ашарина О.В. 719  
**Б**
- Бабаева А.Я. 530  
Бабаева В.В. 834  
Бабайцев А.В. 627, 670  
Бабинская В.А. 679  
Бабич Б.П. 879, 885, 886  
Бабич Е.В. 544  
Бабичева А.Д. 226  
Багрянцев О.М. 484  
Бадаев П.А. 393  
Баенов Н.А. 908  
Бажанов Д.А. 633  
Базыльникова Е.Р. 559  
Баймова Ю.А. 673  
Бакыткызы Инкар 920  
Балакирев Н.Е. 227, 244, 251, 326, 331, 332, 337  
Баланян С.Т. 523  
Балашов Е.А. 936  
Балунов К.А. 28  
Балык В.М. 74, 442  
Барабанов В.С. 240, 262, 275  
Баранов А.М. 9  
Баранов Е.Н. 545  
Баранов М.С. 481, 485, 487, 497  
Баранов О.А. 434  
Баранова М.В. 442, 756  
Баранова С.В. 719  
Бардычева А.С. 752  
Барменков Е.Ю. 714  
Бармин О.О. 681  
Барыбина Е.И. 792  
Баскаков С.А. 252
- Басова А.Н. 286  
Батанов М.С. 188, 192, 197  
Батеев Е.А. 909  
Батталов Т.Х. 600  
Башкиров Е.А. 601  
Бебенин В.Г. 484  
Беденко К.А. 158  
Бедердинова Н.Н. 836  
Бекренева М.П. 481  
Беликов И.Е. 226  
Белов Р.Д. 569  
Белова А.А. 400  
Белозерова И.Н. 485, 499  
Белоусов А.Е. 227  
Белоусов Н.А. 287  
Белоцерковский И.В. 705  
Беляев В.Е. 23  
Беляева О.В. 837  
Беляева Ю.А. 347  
Береговой В.Г. 417, 438, 444, 460, 467, 469, 471, 473, 478  
Бережной Д.В. 610, 617  
Бермагамбетов А.Б. 81, 531  
Бернацкий М.С. 794  
Бикмуллина И.И. 90  
Бирюков И.Д. 379  
Блатиков Г.А. 427, 462  
Блинова А.С. 753  
Блистунова В.С. 531  
Блощицына К.А. 910  
Бобкова Д.Р. 547, 549  
Богатков И.С. 851  
Богачук П.Ю. 483  
Богданова Е.А. 634  
Богданова К.С. 347  
Богдановский Г.В. 795  
Богомолов В.И. 228  
Бодров Н.М. 682  
Бодунков Н.Е. 507  
Бойченко В.В. 5  
Болобан В.Р. 73  
Бондарева А.В. 696
- Бондаренко М.А. 839  
Бондаренко С.А. 720  
Бондарь К.Е. 263  
Боранов А.А. 96  
Борисов А.И. 796  
Борисов А.М. 639  
Борисов В.Д. 460  
Борисов П.С. 6  
Борисова Е.В. 697, 705, 706, 713, 716  
Боровик И.Н. 100, 101, 133, 153, 169  
Боровиков Д.А. 126, 191  
Бородавкин А.С. 24  
Бородин И.Д. 74  
Бородин Н.М. 156  
Бортаковский А.С. 535  
Борщенко Д.А. 288  
Босова Т.В. 753  
Боцкалев Н.А. 393  
Брилева Е.Г. 320  
Брыкалов В.Д. 103  
Брызгин Г.К. 797  
Бубнов В.В. 843, 847, 852, 867, 870  
Бугаева Е.Д. 264  
Буглова А.А. 840  
Будко Н.П. 395  
Будникова А.О. 548  
Будылина Г.М. 570  
Бужинская Д.А. 400  
Буй Чонг Нгиа 379  
Буксар М.Ю. 460  
Буланцева Л.В. 678, 681  
Булгин Д.В. 219  
Бульничко Т.А. 571  
Бумагин Д.А. 97  
Бурдин Д.В. 635  
Буров М.Н. 103  
Бурова А.Ю. 189, 199  
Бусел Н.В. 98  
Бут А.Б. 445, 452  
Бутко А.О. 309  
Буторин В.В. 237  
Бутыгин Д.А. 559  
Бухаров С.В. 653  
Быкадоров А.Н. 676  
Быстров С.А. 397

Быценко О.А. 177, 587  
Бычков Р.С. 560, 565  
**В**  
Важенин Н.А. 256, 390  
Валиев С.Э. 25, 385, 693  
Валиева А.Б. 934  
Валиуллин В.В. 99  
Варфоломеев М.С. 571, 598, 657  
Васильев М.А. 880  
Васильев Н.В. 395  
Васильев С.В. 521  
Васильев Ф.В. 270  
Васильева А.С. 100, 133, 169  
Васильчук Е.А. 636  
Васин Ю.А. 481, 498  
Васнева С.А. 411  
Вафин К.М. 564  
Ведяшкин В.С. 412, 414  
Вербицкая О.А. 917  
Веремеенко К.К. 204, 208, 221  
Веретенников С.В. 97, 118  
Версин А.А. 185  
Виккулов А.Г. 899  
Вильданова С.А. 841  
Виницкая А.В. 911  
Виноградов И.В. 289  
Виноградов М.С. 379  
Виноградова И.К. 456  
Виноградова С.О. 186  
Винокуров Е.М. 138  
Вишняков А.О. 229  
Владимиров А.А. 290  
Власенко А.Н. 238  
Власова С.В. 800, 806, 821, 826, 830  
Войнов В.Д. 648  
Войтухов М.Р. 394

Волгин В.М. 644, 647, 649  
Волков А.А. 56, 140  
Волков В.С. 933  
Волков Г.А. 101  
Волков К.А. 476  
Волков М.И. 187  
Волобуев Р.А. 7, 8, 11  
Володов А.С. 412, 414, 421  
Волченков А.Д. 282  
Волчкова А.С. 286  
Ворона А.Т. 912  
Воронин А.А. 101  
Воронин С.А. 462  
Воронин Я.Ф. 721  
Воронина Н.Ф. 721, 731  
Воронка Т.В. 8  
Воронцов А.М. 754  
Воронцов В.А. 439, 450, 453  
Воронцова Ю.В. 719  
Ворошилов А.П. 532  
Вязников П.А. 230  
**Г**  
Гаврилина Е.А. 231  
Гаврилов К.Ю. 384  
Гаврилов М.С. 518  
Гагарин А.П. 285  
Гагарина А.Ю. 265  
Гагоева А.Ф. 415  
Гайдай С.М. 103  
Галанова А.П. 27  
Галиев А.Р. 156, 424  
Галиновский А.Л. 456, 671  
Галиченко С.А. 484  
Галкин В.И. 600, 611  
Галкин М.Ю. 7, 8, 11  
Гарбуз Д.С. 719  
Гарно П.Р. 416  
Гарцев А.С. 514  
Гатаулин П.А. 104  
Гатауллина Е.Д. 105  
Гвоздева О.Н. 625  
Герасимов А.И. 53  
Герасимова А.С. 291  
Герасимова Е.А. 172  
Герасимова К.В. 533  
Гилева А.Д. 843

Гиренко Д.С. 508  
Гирн А.В. 674  
Гладкая К.В. 722  
Глотова Е.В. 637  
Гойкочева М.Л. 734  
Голованских О.И. 458  
Головин Д.А. 519  
Головня Д. 485  
Голубев В.С. 520  
Голубева В.Д. 882  
Голубкин К.С. 28  
Гольберг Ф.Д. 216  
Голякова М.М. 755  
Гончар А.Г. 112, 474, 488  
Гончаров И.Е. 29  
Горбунов А.А. 139, 141, 144  
Горбунов Г.В. 756  
Гордеева Д.А. 360, 758  
Гордеева М.И. 328, 616, 733, 744  
Горкавцов Д.А. 232  
Городилова П.О. 322  
Горожеев М.Ю. 283  
Горохов А.С. 638  
Горшков А.Л. 153  
Горяинов А.В. 226  
Горячкин Е.С. 120, 146  
Гостев А.В. 61  
Гофин М.Я. 454, 463  
Грабовский И.И. 106  
Грачев Д.М. 417  
Гребенюк Е.И. 278, 590  
Грибкова Е.Н. 30  
Грибцова А.Д. 561  
Гривизирский П.А. 188  
Григоровский В.В. 115, 572  
Григорьев А.В. 749, 759  
Григорьев М.С. 38  
Григорьева П.М. 844  
Гридин А.В. 31  
Гринев А.Ю. 386  
Гриненко А.С. 418  
Гринько Д.В. 759

- Гритчин Д.М. 133, 183  
 Гришина Л.А. 50  
 Гришков Ф.С. 603  
 Громаков А.А. 260, 486  
 Грузд А.Д. 32  
 Груздев А.А. 395  
 Груздева Е.Е. 683  
 Губайдуллина С.Р. 410  
 Гугина С.Ю. 907  
 Гулидов Г.Г. 845  
 Гульханова Э.В. 8  
 Гуляев В.В. 834, 837, 849  
 Гуляев И.Н. 636  
 Гуляев К.А. 321  
 Гуляева Е.В. 349  
 Гураков Н.И. 128  
 Гуреева А.А. 760  
 Гурин С.А. 596  
 Гурьев В.В. 374  
 Гурьянов А.И. 106  
 Гусев А.Г. 256, 292  
 Гусев Д.Е. 635  
 Гусев Е.В. 434  
 Гусев С.А. 685  
 Гусева С.Р. 534  
 Гутарова В.С. 761
- Д**
- Давыдов А.А. 107  
 Давыдов А.В. 160  
 Давыдов А.Д. 871  
 Давыдова А.Д. 349  
 Дадашев Р.Р. 202  
 Далецкий С.В. 63  
 Данилина А.Н. 353  
 Данилов И.В. 233  
 Данилов М.Д. 419  
 Данова Д.С. 847  
 Дворак М.А. 487  
 Девятова М.А. 816  
 Дегтярев С.В. 639  
 Дедус Ф.Ф. 726  
 Демидова А.А. 463  
 Демидова О.Л. 566  
 Демина Т.С. 637, 650, 664  
 Демюкидов А.Р. 419, 526  
 Демченко А.Г. 202
- Денискина А.Р. 64  
 Денисов А.А. 291  
 Денисов А.М. 729, 732, 740  
 Денисов В.А. 292  
 Денисова В.Я. 189  
 Дербина С.В. 821, 823, 829, 832  
 Дербуш Д.А. 521  
 Детков А.Н. 9  
 Джарасов Н.О. 912  
 Димитрова С.М. 724  
 Дитрих Д.М. 412, 421  
 Дмитраков С.А. 294  
 Дмитриев С.А. 163  
 Дмитриева Е.А. 11  
 Добрянский В.Н. 28, 666  
 Добычина Е.М. 377  
 Долгов Я.С. 713  
 Долгушин Я.В. 639  
 Дорощев К.В. 190  
 Дорошев А.С. 75  
 Дорошкевич С.О. 848  
 Досболов Р.Д. 914  
 Доткин Г.А. 109  
 Дроба М.С. 347  
 Дроздов М.А. 509  
 Дронов А.А. 909, 910, 916  
 Дружинин А.А. 202  
 Дружинин Д.С. 876  
 Дружинина Д.В. 33  
 Дрягин И.О. 362  
 Дубинец А.О. 63  
 Дубинин Д.П. 335  
 Дубинина Н.М. 874  
 Дубникова А.И. 849  
 Дубровин Д.К. 799  
 Дубровин Д.М. 295  
 Дубровин Е.А. 176  
 Дубровин И.Г. 464  
 Дудина А.С. 923  
 Дудунов А.А. 191  
 Дудченко А.А. 542  
 Дюбанов А.В. 685
- Е**
- Евдокименков В.Н. 510  
 Евдокимова Е.А. 535
- Евланова О.А. 129  
 Евсюков Д.В. 387  
 Евтушенко В.А. 396  
 Егоров В.В. 271, 280, 360, 378, 391  
 Егоров Е.А. 33  
 Егорова П.А. 547, 549  
 Ежов А.Д. 133, 165, 183  
 Екимовская А.А. 422  
 Еленин М.Н. 470  
 Елизаров А.В. 92  
 Елпатов А.С. 203  
 Елькин А.В. 110  
 Емелин И.А. 396  
 Емельянов К.В. 640  
 Епихин В.И. 157  
 Епонешников А.В. 296, 297  
 Еременская Л.И. 782  
 Еремкина М.С. 174  
 Ерин К.А. 692  
 Ермаков П.Г. 510  
 Ермакова А.С. 851  
 Ермилов Я.В. 686  
 Ермолаев В.И. 460  
 Ермолаев Л.И. 299  
 Ермолаева Е.Н. 754  
 Ерофеев В.И. 559  
 Ерофеева И.В. 563  
 Ерохин В.А. 536  
 Есина П.А. 156, 424  
 Есипов А.А. 300  
 Есмамбетов М.К. 924  
 Ефремов А.В. 20  
 Ефросинин Д.Г. 234
- Ж**
- Жабко Т.Н. 34  
 Жарков Д.А. 762  
 Жаркова Л.И. 796  
 Желтяков К.Д. 764  
 Желудева З.А. 764  
 Жетруова Г.З. 923  
 Житников А.П. 87, 265  
 Жохов М.Д. 204  
 Жубатканова А.Ж. 914  
 Жуков А.А. 584  
 Жуков С.В. 683

Жукович-Гордеева  
А.А. 641  
Жульева А.Д. 64  
Жуматаева Ж.Е.  
912, 915, 919, 921,  
924, 929, 930  
Журавлев А.А. 35  
Журавлёв А.В. 603  
Журавлев К.О. 383  
Журавлев С.В. 356  
Жусупова А.Н. 915  
**З**

Завьялова М.И. 112  
Заговорчев В.А. 443  
Заикина К.Н. 709,  
764, 779  
Заиров А.В. 604, 625  
Зайкин В.Д. 265  
Зайнетдинова Г.Т.  
621  
Зайцев А.А. 25  
Зайцев М.Д. 563  
Зайцев Н.Д. 425  
Зайченко А.А. 787,  
802, 803, 825  
Закареева К.М. 598,  
606  
Замковой А.А. 73  
Замятин А.Н. 6  
Захаров В.С. 147,  
551  
Захаров Ф.А. 397,  
573  
Захарова Л.Ф. 682,  
700  
Зацепилина А.В. 790  
Заятуев Ж.Ц. 573  
Зверев А.Е. 642  
Зверьяев Е.М. 896  
Звягина А.Г. 916  
Звягина М.Г. 916  
Згуральская Е.Н.  
245  
Зеленина А.И. 667  
Зеленов М.О. 731  
Землянская Н.Б. 679  
Земсков В.А. 800  
Зиновьев А.В. 654  
Золотенкова М.К.  
271  
Зорин И.А. 607  
Зорин М.Д. 109

Зотова А.В. 573  
Зубанов В.М. 105,  
125, 148, 152  
Зубанова С.Г. 817  
Зубеева Е.В. 690,  
891  
Зубрилин И.А. 121,  
150, 154  
Зуев А.А. 380  
Зуев С.А. 212  
Зыбцева А.Н. 488  
Зыков А.В. 472  
**И**

Ибрагимов Д.Н. 503,  
533, 534, 538  
Ибрагимов Р.Р. 246  
Иваненко И.Ю. 725  
Иванов А.А. 802  
Иванов Д.А. 38  
Иванов Д.В. 235  
Иванов Е.И. 766  
Иванов М.А. 762  
Иванов Н.А. 585  
Иванов Н.В. 575  
Иванов Н.С. 364,  
367  
Иванов П.А. 236  
Иванов С.В. 530,  
531, 539  
Иванов Ю.А. 113  
Иванова П.М. 301  
Иванова У.И. 75  
Иванчиченко В.С. 85  
Ивашко Г.В. 726  
Ивинский И.А. 819  
Ивлева А.А. 767  
Игнатов А.И. 207  
Игнатов М.Г. 609  
Игумнов Л.А. 563  
Изотов В.А. 588  
Илова А.А. 931, 936  
Ильин А.С. 267  
Ильин В.В. 366  
Ильин Д.Ю. 230,  
312, 313  
Ильин Е.А. 564  
Ильина М.А. 114  
Ильинская О.И. 123  
Ильичев Е.В. 608  
Ильков П.О. 426  
Инашевский А.А.  
267

Иношева М.С. 799  
Ионов А.В. 179, 181  
Исаев В.В. 263  
**К**

Кабанов И.В. 609  
Кабардова А.Р. 488  
Кабдыжалелов А.Е.  
610  
Кададова А.В. 428  
Кадеев Д.М. 490  
Кадеров В.А. 367  
Кажайкина П.С. 77,  
505  
Казакова В.Е. 268  
Казанцева А.А. 727  
Казначевский В.С.  
236  
Калиш П.Э. 644  
Калошина М.Н. 685,  
686  
Калуцкий Н.С. 36  
Калягин М.Ю. 75, 83,  
85, 232, 451  
Камаренцев С.Э. 9  
Каменский И.В. 399  
Каминский И.Р. 543  
Камозин Д.Е. 784  
Канев С.В. 132  
Каплина Е.А. 35  
Каплюхин А.Д. 728  
Каралюнец К.С. 803  
Карапетян Е.А. 729  
Карасев Б.С. 447  
Каржауова А.О. 917  
Карнаков Н.Д. 804  
Карнаухов С.А. 917  
Карпов В.В. 523  
Карпухина А.В. 302,  
314  
Карташов Д.М. 303  
Картуков А.В. 397,  
403  
Касатиков Н.Н. 256  
Кассич Г.В. 883  
Качалин А.М. 511,  
520  
Качалин В.С. 303  
Кашин Д.Д. 511  
Кашкин Г.В. 305  
Кашурников В.А. 372  
Кащев И.С. 191

- Квашнин В.М. 334, 343  
Кейно П.П. 290, 292, 295, 299, 305, 314, 316, 320, 334, 341  
Кербер Л.С. 737  
Кибардин Е.С. 91  
Кивва Н.Ю. 84  
Ким Н.В. 508, 524  
Киришина Д.Г. 520  
Киселёв Д.А. 205  
Киселев Д.А. 768  
Киселев И.А. 237  
Киселев И.В. 397  
Киселева Е.К. 565  
Киселева П.И. 687  
Клебан А.В. 262  
Клименко Д.В. 172  
Климчук В.А. 824  
Кныш О.Д. 611  
Кобзева И.А. 206  
Кобко Г.Г. 119  
Ковалева Н.Н. 107  
Ковалевич М.В. 467  
Коваленко А.С. 115, 572  
Коваль С.М. 36  
Ковальчук А.С. 687  
Ковальчук Ю.А. 890  
Ковзик Н.Р. 622  
Ковкин И.В. 350, 357  
Ковынев О.Р. 306  
Ковязина Д.Н. 303  
Коган Е.А. 753, 760, 771  
Кожевников Г.Д. 180  
Кожевников Д.А. 37  
Кожевникова Е.А. 464  
Кожемяко А.С. 115  
Кожухов Ю.А. 116  
Козинер Ю.Д. 177  
Козлов Н.А. 639, 640  
Козлов П.П. 576  
Козлова Д.С. 465  
Козловцев С.А. 883  
Козулин Н.Д. 308  
Кокорин Д.А. 381  
Кокутина А.С. 806  
Коларов В.С. 427  
Колганов С.В. 758, 766, 773, 780  
Колеганова Е.А. 687
- Колесник Е.В. 544  
Колесник С.А. 448  
Колесова А.А. 118  
Коллеров М.Ю. 599, 624  
Коллерова М.Ю. 613  
Колодяжная И.Н. 911, 912, 914  
Коломиец Е.С. 207  
Колотова Л.Н. 667  
Комарова Д.М. 823  
Комарова Е.А. 612  
Комарова Е.В. 667  
Кондаков Е.Е. 94  
Кондратьева С.Г. 393  
Кондрашов Ю.В. 291  
Конкина А.С. 613  
Копова С.С. 522  
Коновалов Д.М. 428  
Коновалов К.А. 236, 246, 254  
Коновалов М.С. 78  
Коновалова В.Г. 722  
Коновской А.С. 537, 939  
Коноплева П.С. 706  
Коптев А.Н. 385, 693  
Копылова Д.А. 264  
Копытин Р.Е. 192  
Корнев В.М. 424  
Корнюшина А.С. 707  
Коробков М.А. 262, 265, 267, 270, 274, 275  
Коробов К.С. 576  
Коробовский А.В. 436  
Короваев Д.С. 523  
Коровиков А. 309  
Королев Д.Д. 180  
Королев П.С. 268, 281, 419, 526  
Королева А.А. 884  
Королева Е.С. 808  
Короленко В.А. 669  
Король Д.Г. 382  
Коротун В.Л. 804  
Корчагин А.А. 310, 328  
Косогоров А.Н. 511  
Косолапова А.О. 271  
Костенко В.А. 410
- Костиков А.К. 38  
Костина Д.А. 731  
Кострицына А.И. 769  
Костыгова Л.А. 696  
Котлов М.А. 522  
Котляр Д.И. 311  
Кочетков Ю.М. 127  
Кочнев Н.Ю. 879, 885, 886  
Кошман В.С. 852  
Кравцов К.Е. 312  
Кравчук Е.Д. 405  
Кравчук М.С. 335  
Краев В.М. 718, 724  
Крамина М.Ю. 490  
Красноперов Е.П. 375  
Краснянский Д.Е. 844  
Краснянский Д.О. 492, 857  
Красоткин С.А. 538  
Кремзуков Ю.А. 350  
Кривоногова Т.О. 158  
Кривун К.В. 770  
Кристов А.И. 808  
Кротов К.В. 491  
Кружков Д.М. 209  
Крухмалёва Л.Л. 935, 938  
Крылов А.И. 512  
Крылов П.Д. 238  
Крюков В.В. 119  
Кубатина Е.П. 576  
Кубряк В.А. 688  
Куденко Д.А. 429  
Кудинов И.Д. 239  
Кудлай Е.В. 766  
Кудрявцева А.А. 854  
Кудряшов И.А. 105, 120, 146  
Кузнецов А.А. 564  
Кузнецов А.В. 7, 8, 11, 641  
Кузнецов А.Ю. 121  
Кузнецов Б.Ф. 367  
Кузнецов Д.С. 40  
Кузнецов Е.А. 414, 421  
Кузнецов И.И. 312  
Кузнецов П.М. 287

- Кузнецова А.В. 811, 816  
 Кузнецова В.А. 313  
 Кузнецова Д.А. 808  
 Кузнецова М.С. 708  
 Кулакова Я.А. 794  
 Кулепетова Н.Н. 914  
 Кулешов А.А. 24  
 Кулик М.В. 240, 262, 275  
 Куликов А.П. 647, 649  
 Куликова В.В. 121  
 Куликовский М.А. 614  
 Кульбаба А.Ю. 732  
 Куприянова Н.А. 46  
 Куприянова Я.А. 40  
 Кураева К.Р. 123  
 Курбатова Е.П. 368  
 Курышев И.М. 550  
 Кусманов С.А. 583  
 Кустиков А.Д. 317  
 Кустов А.В. 156  
 Куташов Д.А. 935  
 Кутузов Д.А. 936  
 Кучейко А.А. 430, 465, 470, 475, 480  
 Кучерявенко А.Д. 175  
 Кушваха Х.Н. 836, 848, 854, 866, 869, 872  
 Кушваха Хуршуд 851, 860  
 Куשרов А. 291  
 Кущенко Е.А. 368
- Л**
- Лаврова П.А. 283  
 Лагусева Е.И. 664  
 Лагутин И.А. 565  
 Лазарев А.М. 492, 857  
 Лазарев А.С. 709, 764, 779  
 Лазорин Д.С. 241  
 Лалабеков В.И. 86  
 Ландер Л.Б. 281  
 Лаптев М.М. 855  
 Ласточкина Е.А. 690  
 Лашманов Д.Д. 219  
 Лебедев В.В. 422
- Левитина А.М. 789  
 Лельков К.С. 206  
 Лелюк С.В. 810  
 Лемтюжникова Д.В. 239, 255, 518, 538  
 Ленковец А.С. 585  
 Леонтьева Д.А. 271  
 Лепешкин А.Р. 195  
 Лесневский Л.Н. 180  
 Лещева А.С. 703  
 Ли А.Э. 41  
 Лийн Е.А. 272  
 Лисина М.В. 79  
 Лисицин А.А. 80  
 Литвинович Н.В. 430, 475  
 Лифановская О.В. 745  
 Лобович К.В. 42  
 Логачева А.К. 10  
 Логинов А.С. 6  
 Логинов П.А. 580  
 Лодянова В.И. 123  
 Лозневой Д.Д. 273  
 Лозован А.А. 576, 581, 585, 676  
 Ломакин И.В. 577  
 Ломанов А.Н. 311  
 Лосев Д.А. 733, 744  
 Луданова В.В. 833  
 Лукошин И.В. 352  
 Лунева Е.А. 291  
 Лунева К.С. 811  
 Лушпа Е.Ю. 410, 502  
 Лыков А.А. 810  
 Лысенко С.В. 792, 819  
 Лысов Г.В. 290  
 Лю Ю.Л. 918  
 Лютикова О.А. 573  
 Лягин И.В. 398  
 Лямкин Ф.К. 410  
 Ляпин А.В. 273  
 Ляпунова С.С. 494  
 Ляховецкий М.А. 180
- М**
- Магомедов М.А. 302, 314  
 Майоров Д.И. 615  
 Майсак М.В. 35, 51, 55
- Макаренкова Н.А. 221  
 Макаров А.Д. 84  
 Макаров В.А. 692, 901  
 Макарова Е.П. 788  
 Максаковская А.В. 353  
 Максименко Е.И. 616  
 Максимов А.Н. 228, 282  
 Максимова В.Ю. 242  
 Максимова И.Д. 495  
 Маланко Г.Е. 43  
 Малевич Н.А. 367  
 Маликов С.Б. 570, 579  
 Малинин В.И. 109, 110  
 Малыгин В.Б. 211  
 Малышев А.Д. 495  
 Малышева Е.А. 315  
 Малюжонко Я.Р. 431  
 Малявина А.Ю. 369  
 Мамаева Д.Г. 617  
 Мамедов Р.В. 492, 857  
 Мангушев Р.Р. 812  
 Манегин Д.С. 121  
 Маносьева Е.А. 465  
 Мансурова С.Р. 5  
 Мануйлов П.Н. 579  
 Маньшина Ю.А. 208  
 Марейчев Е.С. 274  
 Марихов А.И. 291  
 Маркина Л.М. 583, 591  
 Марков А.В. 642  
 Марков Г.М. 580  
 Маркова Е.Ю. 355, 361  
 Мартиросян И.В. 364, 369  
 Мартыненко Е.Д. 734  
 Мартынишин И.Е. 735  
 Мартынкевич Д.С. 522  
 Мартынов Е.А. 209  
 Мартынюк С.И. 814  
 Мартысюк Д.А. 671

- Марченко А.А. 783  
 Марчуков Е.Ю. 156  
 Маслов Д.В. 153  
 Масюкевич А.В. 432  
 Матвеев А.А. 159  
 Матвеев А.М. 393, 408  
 Матвеев С.С. 128  
 Матросова И.С. 11  
 Матуляк А.И. 646  
 Матюхова А.А. 711  
 Матюшев Т.В. 495  
 Маурина Т.С. 841, 855  
 Мачинский Г.С. 379  
 Мачнева С.И. 858  
 Маштаков А.П. 464  
 Межуев А.М. 383, 387  
 Мезина Н.А. 701, 702  
 Мелконян Р.В. 44  
 Мельдианова А.В. 794, 795, 808, 810, 812, 814, 815  
 Мельников В.И. 522  
 Мельников Д.М. 573  
 Мельников С.А. 105, 125, 148  
 Мельников С.В. 7, 11  
 Мендибаев И.К. 919  
 Меньщикова Е.В. 860  
 Меркулов Ф.А. 813  
 Меркурьев И.В. 511  
 Мессинева Е.М. 703, 725  
 Метечко Л.Б. 260, 486, 488, 496, 500  
 Мещеряков В.Ю. 176  
 Мещеряков Н.Н. 693  
 Миленький А.Н. 771  
 Милто Е.В. 496, 500  
 Минаев Н.В. 581  
 Минаева Е.Д. 581, 650  
 Минаков Е.А. 243  
 Минакова Т.А. 526  
 Минасян В.Б. 263, 276  
 Минеева С.А. 813
- Минин А.К. 126  
 Мироненко А.В. 316  
 Миронов В.Г. 647, 649  
 Миронов Н.С. 551  
 Миронова Н.Е. 316  
 Мисбахова А.И. 670  
 Митрофанов А.П. 581  
 Митрофанова Е.О. 737  
 Митькин М.А. 399  
 Михайлов А.А. 671, 737, 739  
 Михайлов М.С. 68  
 Михайлова И.К. 369  
 Михеева Т.В. 861  
 Мишин Е.В. 433  
 Мишучков В.И. 880  
 Мкртчян М.К. 127  
 Мовчан А.А. 677  
 Можегова Ю.Н. 291  
 Мозговая В.А. 785  
 Мозжухин Д.А. 211  
 Моисеев В.С. 603  
 Мокряков А.В. 289, 310, 328, 329, 344, 388  
 Молчанов А.М. 115  
 Молчанова Ю.О. 648  
 Момот Е.Ю. 434  
 Монастырский В.П. 667  
 Монахов М.Д. 384  
 Монахова В.П. 184, 186, 196  
 Моргачев Е.О. 435  
 Моренко Р.В. 45  
 Моржухина А.В. 366, 431  
 Морозов В.В. 194, 595  
 Морозов Н.О. 243  
 Морошкин Д.А. 212  
 Москаленко А.В. 356  
 Москаленко Н.В. 350, 357  
 Москвитин Г.В. 68  
 Моторина Л.Е. 764, 779  
 Мохначева А.А. 533  
 Мощенок Г.Б. 776
- Мукамбетов Р.Я. 100, 133, 138, 169  
 Муминов А.А. 25, 385, 693  
 Муравьев И.А. 317  
 Муродов Г.А. 25, 385, 693  
 Мурыгин А.В. 203  
 Мусихина А.А. 772  
 Мухина С.Д. 190  
 Мухомедали Н.А. 920  
 Мухрадинова А.Е. 921  
 Мушта Д.А. 863  
 Мякинин М.И. 177  
 Мякочин А.С. 98, 138, 555
- Н**
- Набатов Н.Н. 917, 922  
 Нагаева Е.А. 436, 440  
 Нагибин С.Я. 224, 226, 233, 249, 258, 259, 317  
 Нагорная Д.К. 467  
 Надежин М.Н. 582  
 Надирадзе А.Б. 99, 191, 419  
 Назаренко А.Б. 737  
 Назаров А.В. 77, 398  
 Назарова Е.А. 845, 864  
 Назарова М.А. 505  
 Назин В.Д. 81, 531  
 Накоряков И.В. 764  
 Насонов Ф.А. 44, 54, 899  
 Натяма А.С. 319  
 Наумов А.В. 235  
 Наумов И.М. 583  
 Начиналов В.В. 275  
 Небесихин Е.М. 438  
 Неверова Н.В. 797  
 Недякин А.П. 767  
 Ненарокомов А.В. 418, 425, 476  
 Ненахов Е.В. 225  
 Неприятелов Н.С. 82  
 Неретин Е.С. 519

- Нерсисян Д.Г. 523  
Нестеренко В.Г. 134, 162  
Нестеренко Я.А. 243  
Нестеров И.Н. 647, 649  
Нестеров С.В. 537, 939  
Нетребская О.Н. 764, 785  
Нефедов Е.А. 386  
Нечипорук С.Ю. 551  
Нигматуллин Р.Р. 244  
Никитин А.А. 584  
Никитин П.В. 115, 572  
Никитина Е.В. 599, 624, 631  
Никитина Е.П. 245  
Николаев А.Л. 879, 885, 886  
Николаев А.С. 77, 505  
Николаев Г.Ю. 623, 625  
Николаев Е.И. 13, 17  
Николаев И.А. 172  
Николаев С.В. 933  
Ниязбаева А.Б. 922  
Новиков А.Д. 138  
Новиков А.Ю. 303, 322  
Новиков Н.А. 814  
Новиков П.В. 213, 251  
Новикова А.Д. 844  
Новичков К.О. 46  
Новичков М.Д. 596  
Новичкова С.С. 128  
Ногтев С.С. 214  
Норов Р.З. 497  
Носова М.А. 583, 591  
Нуждина А.П. 815  
Нуждина К.П. 816
- О**
- Овсейчук Н.А. 193  
Овчаров И.В. 320  
Овчинников А.Д. 618  
Овчинникова А.В. 83  
Оганов Г.А. 276
- Одинокоев С.А. 707, 711  
Окулов М.К. 12  
Окунева Т.Д. 940, 942, 943  
Олейник С.С. 277  
Олексюк Н.С. 321  
Ольховская С.В. 923  
Онищенко О.В. 924  
Онуфриев В.В. 94, 113, 468, 557  
Опрышко Н.В. 695  
Опря А.С. 773  
Орешина М.Н. 355, 361  
Орлов В.Г. 46  
Осетров С.О. 129  
Остапчук М.А. 371  
Острикова А.А. 498  
Оськин И.Д. 246  
Осьмина К.С. 813  
Отекин Р.С. 65  
Отсутствует 176  
Офицеров В.П. 229  
Охочинский М.Н. 492, 857  
Охрименко Н.И. 287, 342  
Ошкова В.А. 817
- П**
- Павлов В.В. 925  
Павлов О.В. 277, 284, 323  
Павлов П.В. 67  
Павлова Н.Е. 355, 361  
Палтиевич А.Р. 612, 628  
Паневин А.Ю. 47  
Паневина А.В. 66  
Панкова А.В. 310  
Панкратьев С.М. 48  
Панов Е.Н. 130, 151, 154  
Пантелеев А.В. 540  
Пантюхин К.Н. 17  
Папешкин Н.С. 310, 328  
Парафесь С.Г. 40  
Парпулов М.А. 247  
Пачковский А.В. 585  
Пашков В.С. 49
- Пашков И.Н. 606  
Пелевин В.С. 131  
Пенкина А.В. 322  
Первых Г.В. 499  
Перимбаева Е.С. 467  
Пермяков А.П. 581, 650  
Перов Д.Б. 213  
Перчихин О.И. 75, 257, 509  
Песков В.А. 132  
Пестов С.В. 167  
Петров А.А. 797  
Петров А.П. 630  
Петров И.А. 615  
Петров П.А. 672  
Петрова С.С. 819  
Петрова Э.Р. 144  
Петропавловский Н.А. 335  
Петропавловский О.И. 194, 595  
Петухов С.Л. 592  
Печенина П.А. 100, 133, 169  
Пещерова А.А. 774  
Пикулев А.С. 543  
Писарев В.Д. 84  
Плешаков И.А. 84  
Плюсина И.О. 651  
Погодин В.А. 638, 655  
Подборцев А.В. 383, 387  
Подгорная В.И. 447  
Подгорная В.М. 538  
Подгузова М.А. 358  
Подлесный Д.А. 796  
Пожидаев А.А. 177  
Пожидаев Е.П. 641  
Пожога О.З. 619  
Поздышева М.А. 248  
Позняк Д.Р. 458  
Покровский С.В. 369  
Поletaев А.О. 133, 183  
Поливцев А.Д. 360  
Полицын С.А. 308, 330  
Полицына Е.В. 319, 327, 340  
Полозков Н.Н. 937

- Полонцов С.М. 586  
 Полухин А.А. 819  
 Полушкин Н.А. 775  
 Полюцкий В.К. 214  
 Полякова П.В. 673  
 Полянский В.В. 515  
 Пономарев Н.М. 387  
 Пономаренко А.Д. 652  
 Поняев С.А. 432  
 Поперечный С.С. 195  
 Попинашкин Д.В. 520  
 Попов А.В. 821  
 Попов Д.А. 193  
 Попов Д.В. 134  
 Попов Д.Р. 121, 150  
 Попов С.А. 10  
 Попов Ю.И. 23, 42, 48, 49, 60  
 Посевин Д.П. 92  
 Последова А.Д. 864  
 Потанин А.Ю. 601  
 Потапов Е.П. 938  
 Потеряев А.А. 633  
 Походенко М.В. 524  
 Почестнев А.А. 756, 767  
 Правиков Д.И. 241  
 Преображенский Л.А. 66  
 Приходько Д.И. 388  
 Прокопенко А.И. 713  
 Прокопенко Д.А. 616, 709  
 Прокудина А.К. 323  
 Пронин Д.В. 50  
 Пронина В.А. 738  
 Пронина П.Ф. 13, 412, 414, 421, 440  
 Пронкин А.А. 13  
 Простодушев А.О. 397, 468, 573  
 Прохоренкова А.С. 739  
 Прошкова Е.М. 469  
 Пугачев Ю.Н. 29, 33, 46  
 Пузырецкий Е.А. 597  
 Пурыскина А.В. 754  
 Пушкарев М.Д. 887  
 Пушкарева А.А. 13  
 Пушкарева М.Б. 877, 879, 883, 884, 885, 886  
 Пушкарь О.Д. 536  
 Пьянов З.М. 888  
**Р**  
 Равикович Ю.А. 164  
 Раджабов Р.С. 740  
 Радюшкина А.А. 741  
 Рамазанова Д.Р. 563  
 Рахматулин М.В. 396, 400  
 Рахмизянов А.С. 324  
 Ревизников Д.Л. 345  
 Рейман А.В. 160  
 Решетняк Е.В. 51  
 Рипецкий А.В. 576  
 Rogov С.И. 614  
 Rogozin А.А. 587  
 Родионов В.С. 326  
 Родионов Н.А. 177  
 Родионова А.С. 653  
 Рожкова В.С. 812  
 Розанова Н.Н. 654  
 Ролдугин К.И. 179  
 Романенков А.М. 312  
 Романова В.В. 695  
 Ромашихин И.М. 135  
 Ромашова М.О. 196  
 Рославлев П.С. 249  
 Рослова А.А. 588  
 Ростомян А.А. 470  
 Рошин А.Б. 247, 288  
 Рошина П.И. 866  
 Рубанова А.И. 889  
 Рубцов Е.А. 253  
 Руднев И.А. 364  
 Рудой И.А. 514  
 Рукавичников А.Е. 924  
 Румянцев К. 619  
 Рутковский С.А. 537, 939  
 Рыбаков К.А. 525  
 Рыбина А.С. 495  
 Рыжков В.В. 439  
 Рызыванов И.П. 137  
 Рыкалин А.В. 463  
 Рыкун К.Н. 372  
 Рыкунов А.Н. 327  
 Рычков А.С. 215  
 Рютин И.Г. 590  
 Рябинкин М.С. 338  
 Рябкова Г.В. 828  
 Рябов А.А. 619, 621  
 Рязанов В.А. 121  
 Рязанцев А.Ю. 577  
 Рямова С.А. 502  
 Ряховский А.П. 626  
**С**  
 Саакян В.В. 626  
 Сабитов Р.А. 162, 296, 297  
 Саваровский А.А. 447  
 Савельев Д.О. 674  
 Савинов Д.В. 597  
 Савинская Н.К. 216  
 Савкин А.В. 201, 215, 217  
 Савосина А.А. 328  
 Савцов М.Э. 138  
 Савченко В.Н. 390  
 Сагалович С.А. 15  
 Сагитова Е.А. 531  
 Садаков А.А. 566  
 Саддаров Д.И. 526  
 Садеков Э.Р. 402  
 Садреев Ф.Г. 648  
 Саенко А.К. 821  
 Сазонов О.И. 280  
 Сазонтов И.Ю. 525  
 Сайдалиева Д.Р. 746  
 Салимгареева В.Р. 496, 500  
 Салтыков В.А. 458  
 Самолдин Е.Л. 278  
 Самохин Д.Б. 676  
 Самуленков Ю.И. 89  
 Самусев С.А. 61  
 Сангинов А.Д. 890  
 Сандин А.С. 454, 655  
 Сапкалов В.А. 926  
 Сапронов Д.В. 550  
 Сатлабаев М.А. 920  
 Сафин А.Р. 660  
 Сафронов К.И. 251  
 Сафронова К.П. 494, 502  
 Сахаров Д.С. 471

- Светличная Е.В. 475, 480  
Свинцов И.В. 692  
Сводин П.А. 138  
Севастьянова Е.В. 263  
Севостьянов Б.С. 217  
Седаев Д.В. 278  
Седаев Н.В. 622  
Седенков Н.А. 251  
Седиков Т.О. 823  
Селезнев Д.А. 328  
Селин А.И. 72  
Семашкин Н.М. 436, 440  
Семенов Н.А. 329  
Семенова М.С. 940, 943  
Семериков К.И. 441  
Семина А.П. 720, 727, 743  
Сёмкин Д.М. 16  
Сендюров С.И. 193  
Сенькович С.Ю. 252  
Сергеев А.С. 330  
Сергеев И.С. 331  
Серебренникова Е.М. 815  
Серебряков А.С. 82  
Серебрянский С.А. 15, 22, 30, 31, 35, 40, 41, 43, 45, 60, 79  
Сивоплясова С.Ю. 692  
Сидорин К.А. 472  
Сизов А.А. 905, 926  
Силионов И.Н. 253  
Силуянова М.В. 142  
Симонов В.Л. 205  
Симонов К.И. 442, 756  
Симонова Е.С. 163  
Симонов-Емельянов И.Д. 654  
Синякин В.П. 164  
Скворцова С.В. 604  
Склеймин Ю.Б. 242, 276  
Славский С.А. 941  
Сладкова Е.А. 502
- Слепнева Д.А. 824  
Служенко И.Н. 526  
Смагин В.В. 403  
Сметанин С.А. 135  
Смирнов А.А. 780  
Смирнов В.Г. 878, 882, 883, 888  
Смирнов Н.А. 279  
Смирнов П.А. 623  
Смирнова Г.С. 728  
Смирнова Е.А. 714  
Смоленченко М.А. 139  
Смыков А.Ф. 603  
Снастин М.В. 390  
Снегирёв А.О. 599, 624  
Снигур А.А. 473  
Соболева Э.И. 688  
Сокова Е.В. 591  
Соколова А.К. 332  
Соколова А.С. 140  
Соловьев Г.А. 474  
Соловьев И.И. 367  
Соловьев Н.А. 428  
Солодов А.А. 315, 316  
Солодова А.Д. 876  
Соляев Ю.О. 666, 669  
Сорокин И.Н. 254  
Сорокина Е.Е. 942  
Сорокина Н.П. 867  
Сосова Д.Д. 85  
Сотникова Е.В. 483  
Спандияр С.М. 926  
Спирин А.Е. 512  
Спирягин В.В. 264  
Стародумов А.В. 104, 166  
Старостин Д.А. 551  
Старчиков А.С. 776  
Старчикова И.Ю. 761, 784, 819  
Степанов А.Р. 67  
Степанов В.В. 622  
Степанов К.П. 624  
Степанов П.И. 443  
Стихно К.А. 200, 567  
Столяров Д.В. 52  
Столяров Д.Д. 860  
Страхов Р.Д. 333  
Стрелец Д.Ю. 57, 58
- Стрижак С.В. 558  
Строганова Л.Б. 487  
Строгонова Л.Б. 481, 494, 497, 502  
Струнин Р.А. 334  
Стрыгин Д.Д. 255  
Суворов С.Ю. 219  
Суворова М.С. 531  
Сукачева А.Н. 778  
Сукманов И.В. 656  
Сунгатуллин С.Р. 277  
Суханова Д.М. 320  
Сухарев Э.С. 86  
Сухно А.А. 748, 769  
Сухоруков В.В. 68  
Сучков Р.В. 141  
Сытник В.М. 750, 778
- Т**
- Тамбовский И.В. 569, 591  
Танатарова А.К. 927  
Тарабрин А.Д. 52  
Тараненко А.В. 833, 839, 840, 858, 861, 863  
Тараненко Е.И. 825  
Тарантаева А.Р. 53  
Тарасенко А.Н. 130, 142, 151, 154  
Тараторин А.В. 143  
Таскин Р.И. 279  
Тебряева Э.И. 197  
Тевс М.Д. 604, 625  
Темгаев А.Р. 334  
Темченко В.С. 382  
Теряев Н.С. 582  
Тимофеев Н.С. 172, 180, 528  
Тимохин Д.А. 681  
Тинчурина Д.Р. 54  
Типалин С.А. 46  
Тисарев А.Ю. 137, 158  
Титов П.В. 87  
Титов Ю.П. 301  
Тихомирова М.А. 144  
Тихонов А.И. 719, 737, 738  
Тихонов Г.В. 693

Тихонова А.Ю. 17  
Тихоновец А.В. 19  
Тишкина М.А. 696  
Тищенко О.В. 940,  
943  
Ткаченко П.А. 826  
Ткачук М.О. 430, 475  
Токачев Д.А. 180  
Торопылина Е.Ю. 55  
Торпачев А.В. 16,  
415, 426, 429, 446,  
464, 477  
Торпачёв А.В. 479  
Траоре А.Д. 592  
Трапицын Е.А. 181  
Трембач Т.Г. 808  
Третьякова М.Ф. 323  
Тритенко Д.С. 335  
Трифонов М.Е. 198  
Тришина М.С. 145  
Тришина С.А. 697  
Тропин А.В. 72  
Трофимова Е.И. 336  
Трошин А.И. 548  
Трошин П.А. 373  
Тузиков С.А. 416  
Тукмакова Н.А. 545  
Туманов Г.А. 539  
Туманова Т.С. 444  
Туркина И.И. 476  
Турсынбаев З.Е. 657  
Туряк В.В. 709, 764,  
779  
Тюленева А.В. 869  
Тюрина А.Н. 419,  
526  
Тюрина Д.С. 146  
Тютюкова Ю.В. 82  
Тяглик М.С. 8  
Тяпкин П.С. 256, 390

## У

Ульянкин А.И. 502  
Ульянова Е.С. 280  
Умникова Е.С. 199  
Уркунов А.К. 281  
Устинов А.С. 514  
Устинов К.А. 593  
Уткина Д.Ю. 780  
Утолина О.Р. 782  
Ушаков А.Р. 165

## Ф

Фаворский К.Г. 349  
Фадеев Д.В. 552  
Фадеев М.М. 337  
Фадеева А.Д. 256  
Файзуллаев Ш.Ф.  
870  
Фалалеев С.В. 159,  
168  
Федина А.С. 445  
Федоренко А.О. 257  
Федоркевич И.А. 65  
Федоров А.А. 629  
Федоров А.С. 554  
Федоров М.А. 374  
Федорова А.Р. 166  
Федорцов Р.С. 626  
Федосеев Е.Ю. 338  
Федотиков И.Д. 658  
Федотова М.А. 735,  
741, 743, 745  
Федюнин Д.А. 658  
Феник А.Д. 795  
Филатов Д.С. 147  
Филатов Н.И. 282  
Филатова Я.А. 89  
Филинов Е.П. 131,  
151  
Филипенко Ю.Р. 749  
Фозилов Т.Т. 411,  
627  
Фокина А.А. 220  
Фомичёв М.Д. 477  
Фомичёва И.Н. 644  
Фонарева В.Д. 622,  
628  
Фотина К.Д. 167  
Фридман В.Д. 733,  
744  
Фролов В.А. 18  
Фуқанчик Т.С. 503,  
808  
Фукин И.И. 564

## Х

Хабарова С.С. 446  
Хаерова Э.И. 90  
Хажакян В.О. 782  
Хаймович А.И. 687  
Хайрутдинова Р.Р.  
629  
Халиулин В.И. 672

Халиулин В.И. 898  
Халтаева Ю.С. 447  
Хаматов Р.Р. 448,  
480  
Хамзин Р.Р. 928  
Хамидуллин О.Л.  
660  
Хамитова Е.Н. 18  
Харина Т.М. 783  
Харитоненков А.И.  
286, 339, 594  
Харитоновна А.А.  
125, 148, 152  
Харламова А.С. 814  
Хартов С.А. 123  
Харькин В.С. 55  
Хатыпова К.С. 871  
Хаустов А.И. 491  
Хахулин П.С. 555  
Хвошнянская Е.А.  
540  
Ходырев Т.В. 404  
Холостова О.В. 561  
Хомутская О.В. 240,  
272, 273, 746  
Хорошко А.Л. 339  
Хохлова А.Ю. 69  
Хохряков В.А. 375  
Хрулев П.А. 258  
Хрущева А.П. 872  
Ху Циньвей 195  
Худобина Е.А. 478  
Худорожко М.В. 567  
Хунузиди Е.И. 708

## Ц

Цапенков К.Д. 150  
Царева У.С. 659  
Цатурьян К.А. 240,  
282  
Цветков В.Э. 281  
Цекулс И.А. 92  
Цепков Д.В. 139  
Цибуцинина А.Д.  
154  
Циренщиков А.В.  
660  
Цырков Г.А. 294,  
300, 302, 306, 333,  
336, 342

## Ч

Чайка Н.К. 687

Чалый И.А. 699  
Чариков А.В. 91  
Чванова М.С. 303  
Чекина Е.А. 559  
Челпанов А.В. 231,  
236, 243, 248  
Чемоданов В.Б. 214,  
252, 291  
Червоненко С.С. 937  
Червяков А.А. 658  
Черевинский А.П.  
662  
Чередниченко И.В.  
618  
Черепанов А.В. 450  
Черепанов В.В. 552  
Чересов П.А. 340  
Черкашенко П.А.  
784  
Черненко О.С. 341  
Черников А.А. 92  
Черникова О.А. 342  
Черникова П.Д. 557  
Черницын А.Е. 700  
Чернов Д.В. 630  
Чернова М.Ю. 232,  
451  
Чернышева Г.Н. 699  
Чернышов Д.В. 558  
Чернышук А.О. 260,  
486  
Черняева И.Ю. 405  
Черняева М.Ю. 405,  
406  
Честнов А.А. 515  
Чечет И.В. 547, 549  
Чечурова М.Д. 785  
Чибисов С.О. 828  
Чигищев В.Д. 150  
Чижик А.П. 283  
Чижов А.А. 151  
Чижов И.А. 575  
Чилов Д.С. 626  
Чинючин Ю.М. 32  
Чириков С.А. 38  
Чулков М.В. 56  
Чупикова А.Р. 621  
Чупина Е.С. 452  
Чуркин Д.Е. 479  
Чурсин А.Д. 221  
Чэнь Лэй 57

## Ш

Шаббаев А.В. 514  
Шабалин Л.П. 597  
Шабатокова Д.Ю.  
259  
Шабунина Е.В. 355,  
361  
Шакин А.Д. 701  
Шакин Н.А. 551  
Шалаев П.Д. 396,  
400  
Шаламкова С.С. 221  
Шалин А.В. 623  
Шалугин Д.А. 343  
Шальгин К.В. 594  
Шалынков С.А. 194,  
595  
Шапагин А.В. 651,  
652, 662, 663  
Шаповалов Р.В. 433,  
441, 457  
Шарапов В.С. 891  
Шарапов Н.А. 397,  
573  
Шарафиева Л.И. 866  
Шаров К.И. 663  
Шарунов А.В. 677  
Швед С.С. 929  
Шведов А.В. 402,  
405, 406  
Шевко А.В. 19, 830  
Шевнин Н.А. 362  
Шевцов А.В. 752,  
755, 768, 770, 772,  
774, 775, 782, 783  
Шевцов Д.А. 347,  
352, 358  
Шевяков В.И. 12  
Шейпак О.А. 887,  
889  
Шеметовец А.А. 162  
Шемонаева Е.С. 33  
Шепелева А.Э. 596  
Шеремет А.А. 453  
Шестаков В.К. 511  
Шестаков С.А. 202  
Шестопалова О.Л.  
906, 918, 922, 925,  
926, 928  
Шилков Н.Р. 745  
Шилкова А.А. 664  
Шило А.О. 829

Шилов М.С. 133, 183  
Шилов Н.А. 408  
Шипилева А.Д. 716  
Шипинская У.С. 453  
Широков А.И. 71  
Широков М.В. 58  
Широкожухова А.А.  
593  
Ширяев П.И. 344  
Ширялин И.М. 664  
Шишов Д.М. 371,  
373  
Шлыков Д.А. 130,  
151, 154  
Шляпцева А.Д. 608  
Шмагина Ю.В. 77,  
505  
Шмакова Д.И. 141  
Шматок А.Н. 391  
Шмачилин П.А. 381  
Шмигирилов Н.В. 92  
Шпарталов К.С. 930  
Шпилевой А.Д. 260,  
486  
Шрамко К.К. 63  
Шубин В.А. 60  
Шувалов В.А. 453  
Шукайло Е.А. 813  
Шумаев Е.В. 631  
Шумаков К.А. 830  
Шумилин А.И. 443,  
454  
Шураков М.А. 619,  
621  
Шурыгин С.А. 222  
**Щ**  
Щербаков А.И. 20  
Щербаков В.С. 345  
Щербань А.И. 152  
Щур П.А. 394, 404  
**Э**  
Эзугбая Г.Д. 153  
Эксанова К.И. 745  
**Ю**  
Юдин В.Н. 379  
Юдинцев А.Г. 357  
Юрочкин А.Д. 60  
Юртаев А.А. 168  
Юсупов Т.М. 284

**Я**

Яблокова В.В. 702  
Яворская М.А. 945  
Языков М.Д. 443,  
454  
Яковлев В.С. 906  
Яковлева В.Ю. 832

Яковлева С.А. 874  
Якубов Д.И. 174  
Якушкин Д.В. 154  
Янко М.А. 456  
Яновский Л.С. 114  
Янук А.В. 130, 151,  
154

Ярославцева М.М.  
457  
Ясенцев Д.А. 379  
Ястребов В.В. 121,  
154  
Яценко М.Ю. 439  
Яшина Н.П. 532



**Сборник тезисов работ международной молодёжной  
научной конференции XLIX Гагаринские чтения 2023**

Издательство «Перо»  
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105  
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36  
Подписано к использованию 03.06.2023.  
Объем 7,71 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 495.